

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

ОБ'ЄМНІ ГІДРО- ПНЕВМОМАШИНИ І ГІДРОПЕРЕДАЧІ ЛАБОРАТОРНИЙ ПРАКТИКУМ

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Автоматизовані та роботизовані механічні системи»
спеціальності 131 Прикладна механіка

Укладачі: І.А. Гришко, А.І. Зілінський

Електронне мережне навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2022

Рецензент

Луговський О.Ф., д-р техн. наук, проф., КПІ ім. Ігоря Сікорського

Відповідальний
редактор

Слободянюк І.В., канд. техн. наук, доц.,

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 6 від 24.06.2022 р.)
за поданням Вченої ради Навчально-наукового
механіко-машинобудівного інституту
(протокол № 8 від 30.05.2022 р.)*

У навчальному посібнику наведено матеріали для вивчення курсу «Об'ємні гідро-пневмомашини і гідропередачі» з точки зору прикладних задач та лабораторних робіт на реальних лабораторних стендах кафедри прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки КПІ ім. Ігоря Сікорського. Представлено теоретичні відомості з курсу та приклади виконання лабораторних робіт. Практикум призначений для студентів Навчально-наукового механіко-машинобудівного інституту та може бути корисним здобувачам ступеня бакалавра, що вивчають дисципліни «Об'ємні гідро- пневмомашини і гідропередачі» відповідно за спеціальністю 131 Прикладна механіка.

Реєстр. № НП 21/22-659. Обсяг 2,5 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Перемоги, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів
і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022

Зміст

Вступ	4
Загальні методичні вказівки	5
Коротка інструкція з техніки безпеки	6
Лабораторна робота №1.	7
1.1 Схеми лабораторного стенду	7
1.2 Порядок проведення лабораторної роботи:	9
Лабораторна робота №2.	10
2.1 Порядок проведення дослідження:.....	10
Лабораторна робота №3.	13
3.1 Порядок проведення дослідження:.....	13
Лабораторна робота №4.	15
4.1 Схеми лабораторного стенду	15
4.1 Опис роботи гідравлічної схеми	15
4.1 Порядок проведення лабораторної роботи:	18
Лабораторна робота №5.	20
5.1 Принцип дії лабораторної установки	20
5.2 Методика проведення лабораторної роботи.....	22
5.3 Контрольні запитання	23
Лабораторна робота №6.	24
6.1 Принцип дії лабораторної установки	24
6.2 Методика проведення лабораторної роботи.....	26
6.3 Контрольні запитання	29
Лабораторна робота №7.	30
7.1 Принцип дії лабораторної установки	30
7.2 Методика проведення лабораторної роботи.....	32
7.3 Контрольні запитання	33
Рекомендована література.....	34
Додатки.....	Ошибка! Закладка не определена.

Вступ

Лабораторні заняття - це один з видів самостійної практичної роботи учнів, на якому шляхом проведення експериментів відбувається поглиблення і закріплення теоретичних знань в інтересах професійної підготовки.

Особлива роль в цьому процесі відводиться лабораторного експерименту. Саме в цей момент і потрібні навчальні лабораторні стенди з гідравліки, що дають можливість отримати практичні вміння, при цьому працюючи не тільки самостійно, але і в колективі. Все це вже сьогодні дозволяє вивести різні експерименти і досліді на новий рівень.

Проведення ефективних лабораторних досліджень сьогодні складно уявити без спеціалізованих стендів, до числа яких можна сміливо віднести і навчальні лабораторні стенди з автосправи, авто. За допомогою такого стенду роботи ведуться за допомогою максимально простих установок і комплексів.

Загальні методичні вказівки

1. Студент допускається до проведення наступного випробування тільки в тому випадку, якщо він оформив протокол минулої роботи та вивчив детально лабораторну роботу та методику випробування.

2. При виконанні лабораторних робіт студент повинен:

- а) суворо виконувати правила техніки безпеки;
- б) без дозволу керівника не розбирати установку, вимірювальну апаратуру і не вмикати електродвигуни;
- в) обережно поводитись з лабораторним обладнанням та зберігати його у чистоті.

3. Лабораторні роботи з гідравтоматики виконуються бригадами в такому складі, щоб кожен студент міг активно проводити необхідні виміри, спостереження, записи та розрахунки.

4. Лабораторні випробування рахуються завершеними після перевірки протоколу роботи керівником та внесення необхідних виправлень.

5. Кожен протокол лабораторної роботи повинен мати титульну сторінку, зразок якої наведено у Додатках.

Коротка інструкція з техніки безпеки

Для уникнення нещасних випадків під час роботи в лабораторії слід дотримуватись наступних основних положень і правил техніки безпеки:

1. До початку роботи всі студенти повинні досконало вивчити схему з'єднання, засвоїти розміщення елементів звернувши особливу увагу на положення вимикачів з боку мережі живлення.
2. Налагодження стендів повинні проводитись при вимкнених вимикачах з боку мережі живлення.
3. Перед введенням в дію лабораторної установки слід обов'язково провести її огляд і впевнитись у відсутності сторонніх предметів. Стосовно деталей, що обертаються, необхідно перевірити надійність захисних конструкцій.
4. Вмикати лабораторну установку при контролі викладача, після перевірки, чи немає небезпеки доторкання до струмопровідних елементів схеми і попередження всіх працюючих на установці.
5. Студентам не дозволяється змінювати самостійно конструктивні елементи установок.
6. Категорично забороняється спиратись на лабораторний стенд та елементи схеми, переступати через частини обладнання, що обертаються.

На випробувальному стенді розташовані випробуваний насос, агрегати та прилади, що забезпечують роботу в різних режимах та вимірах абсолютного тиску у всмоктувальній лінії за допомогою вакуумметра, надлишкового тиску в нагнітальній гідро лінії манометром. Зовнішній вигляд показано на рис. 1.2.

Рис. 1.2. Складові лабораторного стенду для вивчення параметрів шестеренного насосу.
Вакуумметр М1; 2- прозора трубка; 3 – дросель Др2; 4 – запобіжний клапан КЗ; 5 – дросель Др1;
6 – асинхронний електродвигун ЕД; 7 – шестеренний насос НШ; 9 – прозорий бак;
10 – перетворювач температури; 11 – зливний фільтр грубої очистки Ф з манометром МЗ;
12 – заливна горловина ЗГ.

Основними досліджуваними об'єктами є шестеренний насос (Н1), з електромотором (М). Для створення навантаження в системі використовується дроселі (ДР1 та ДР2).

До направляючої регулюючої апаратури стенду відносяться кран (Кр), запобіжний клапан (КЗ), клапан тиску (КТ).

Шестеренний насос (Н1) приводиться в рух електродвигуном (М) (за допомогою частотного перетворювача забезпечено можливість зміни частоти

обертів). До входу насоса підключений вакуумметр МВ, до виходу - манометр (МН1). Клапан тиску(КТ) оберігає насос від перевантажень. При тиску, вище критичного, а саме 95 Bar, клапан відкривається, частина рідини йде в бак (Б), тиск падає і клапан закривається. Рідина надходить з бака в насос через регульований дросель (ДР2) та скляну трубку в якій можна спостерігати виділення бульбашок за рахунок кавітації. Далі рідина проходить через ще один регульований дросель (Др1) та потрапляє у прозорий бак в якому можна буде спостерігати режим руху рідини (ламінальний або турбулентний) після цього робоча рідина зливається в бак (потік регулюється краном (Кр)).У баку встановлений нагрівач рідини (Н) для того, щоб була змога змоделювати різні температурні режими роботи системи.

1.2 Порядок проведення лабораторної роботи:

Під час виконання лабораторної роботи необхідно ознайомитися з основними елементами, визначити їх характеристики та занести їх до Табл. 1.1.

Табл. 1.1. Таблиця для заповнення при вивченні обладнання стенду

Елемент	Характеристика	Значення
Шестеренний насос модель_____	Робочий об'єм	
	Номінальна частота обертання	
	Максимальний робочий тиск	
Електродвигун модель_____	Потужність	
	Номінальна частота обертання	
	Напруга живлення	
Запобіжний клапан модель_____	Максимальна витрата	
	Діапазон тисків	
Вакуумметр позначення_____	Діапазон вимірювання	
	Одиниці вимірювання	
Манометр позначення_____	Діапазон вимірювання	
	Одиниці вимірювання	
Фільтр з індикатором забруднення на зливній лінії модель_____	Тонкість фільтрації	
	Робочий тиск	
	Номінальна пропускна здатність	
Дросель модель_____	Максимальний тиск	
	Макс. подача	
	З'єднання	
Перетворювач температури модель_____	Діапазон вимірювання, °C	
позначення_____		

Лабораторна робота №2

Визначення характеристик шестеренного насоса при регулюванні дроселем напірної лінії

Мета: Визначення впливу зміни тиску на роботу системи. Визначити Q_d та Q_T витрати в системі. Побудувати графіки залежності дійсної витрати від зміни тиску в системі. Зробити апроксимацію. Побудувати графік залежності зміни КПД.

Для проведення лабораторної роботи використовуємо лабораторну установку з вимірювальною апаратурою, опис яких наведено в поясненнях до лабораторної роботи №1.

2.1 Порядок проведення досліду:

1. Подати живлення на стенд.
2. Перевірити заповнення баку рідиною за допомогою вказівника рівня і температури рис. 2.1.



а) готово до роботи



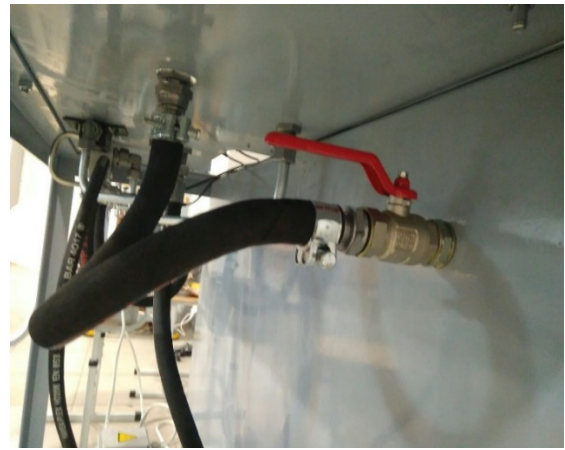
б) потрібно злити мастило з прозорого баку за допомогою крана КР1

Рис. 2.1. Вказівник рівня та температури

3. Закрити кран КР1 (рис. 2.2).
4. Для вимірювання залежності витрати від тиску у напірній лінії дросель Др2 необхідно повністю відкрити.



а



б

Рис. 2.2. Кран КР1.

а – кран закритий; б – кран відкритий.

5. Для визначення дійсної витрати Q_d система обладнана прозорим баком, параметри баку 248*457*515 мм. На ньому є шкала поділок, об'єм в одній поділці дорівнює $V = 2,3$ л.
6. Викладач задає значення частоти обертання електродвигуна, та встановлює його на панелі керування рис.2.3.

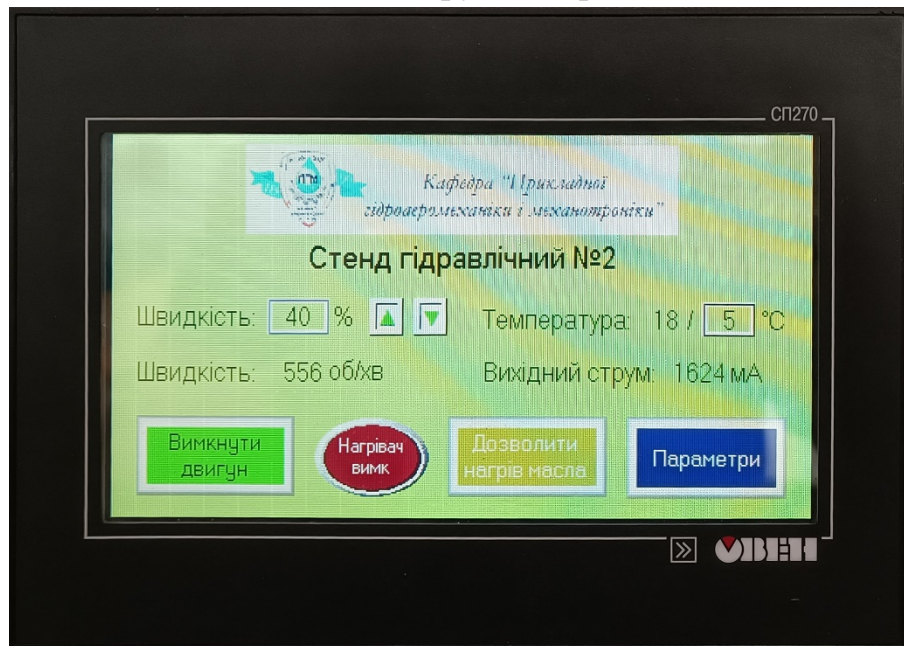


Рис. 2.3. Панель керування електродвигуном

7. Увімкнути електродвигун.
8. Задати тиск p_1 в лінії нагнітання (М1), виставивши положення ручки дроселя ДР1, за допомогою бака заміряти за який час набереться одна поділка рідини, отримані значення часу занести в Табл. 2.1.

9. При проведенні лабораторної роботи необхідно фіксувати значення тиску в системі, яке відображається на манометрі М1; отримані значення занести в Табл. 2.1.
10. Повторити вимірювання 5 разів при різних тисках p_1 .
11. Порахувати теоретичну, дійсну витрату та об'ємного ККД шестеренного насосу при регулюванні тиску в напірній лінії дроселем скориставшись формулами (2.1) – (2.3).

$$Q_T = q \cdot n, \quad \text{см}^3/\text{хв} \quad (2.1)$$

$$Q_d = \frac{V}{t}, \quad \text{л/с} \quad (2.2)$$

$$\eta = \frac{Q_d}{Q_T} \quad (2.3)$$

12. Побудувати графіки залежності дійсної витрати робочої рідини в залежності від заданого тиску в системі $Q_d = f(p_1)$, та залежності ККД в залежності від заданого тиску в системі $\eta = f(p_1)$, скориставшись програмним забезпеченням Microsoft Excel.

Табл. 2.1. Результати проведення дослідів

№ п/п	Експериментальні дані				
	p_1, bar	$t, \text{с}$	$Q_d, \text{м}^3/\text{с}$	$Q_T, \text{м}^3/\text{с}$	ККД
1					
2					
3					
4					
5					

13. Надати висновки до лабораторної роботи. В яких описати процеси, що відбувалися в системі, дати визначення та оцінку роботи системи.

Лабораторна робота №3

Визначення характеристик шестеренного насоса при регулюванні дроселем напірної та всмоктувальної лінії

Мета: дослідити вплив регулювання тиску на всмоктувальній лінії, які явища виникають, які спостерігаються зміни в роботі системи.

В даній лабораторній роботі буде спостерігатись та досліджуватись явище кавітації, при якому тиску виникає і що взагалі відбувається в системі.

Після проведення лабораторної роботи студенти більш точніше та детальніше розглянуть дане явище і зрозуміють його вплив на систему загалом.

Для проведення лабораторної роботи використовуємо лабораторну установку з вимірювальною апаратурою, опис яких наведено в поясненнях до лабораторної роботи №1.

3.1 Порядок проведення дослідів:

1. Подати живлення на стенд.
2. Перевірити заповнення баку рідиною за допомогою вказівника рівня і температури рис. 2.1.
3. Закрити кран КР1 (рис. 2.2).
4. Перед запуском гідросистеми повністю відкрити дроселі Др1 та Др2.
5. Для визначення дійсної витрати Q_d система обладнана прозорим баком, параметри баку 248*457*515 мм. На ньому є шкала поділок, об'єм в одній поділці дорівнює $V = 2,3$ л.
6. Викладач задає значення частоти обертання електродвигуна, та встановлює його на панелі керування.
7. Увімкнути електродвигун.
8. Задати тиск в лінії всмоктування p_2 (МВ), виставивши положення ручки дроселя ДР2, та при 4 різних тисках p_1 у лінії нагнітаннях (М1), за допомогою бака заміряти за який час набереться одна поділка рідини, отримані значення часу занести в Табл. 3.1.
9. Повторити вимірювання 4 рази для різних тисках у всмоктувальній лінії. Необхідно розділити тиск у всмоктувальній лінії так, щоб при 4 досліді спостерігалось явище кавітації.
10. Порахувати теоретичну, дійсну витрату та об'ємного ККД шестеренного насоса при регулюванні тиску в напірній лінії дроселем скориставшись формулами (2.1) – (2.3).

11. Побудувати графіки залежності дійсної витрати робочої рідини в залежності від заданого тиску в системі $Q_d = f(p_1, p_2)$, та залежність ККД в залежності від заданого тиску в системі $\eta = f(p_1, p_2)$, скориставшись програмним забезпеченням Microsoft Excel.
12. Надати висновки до лабораторної роботи. В яких описати процеси, що відбувалися в системі, особливу увагу приділити кавітації, дати визначення та оцінку роботи системи.

Табл. 3.1. Результати проведення дослідів

№ п/п	Експериментальні дані					
	p_2 , bar	p_1 , bar	t , c	Q_d , м ³ /с	Q_T , м ³ /с	ККД
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						

Лабораторна робота №4

Ознайомлення зі схемою та конструкцією стенда для вивчення об'ємного та дросельного регулювання швидкості руху виконавчого пристрою

Мета: вивчити принцип дії та конструктивні особливості лабораторної установки для вивчення об'ємного та дросельного регулювання швидкості руху виконавчого пристрою. Визначення основних елементів, їх характеристик, що були використані в даному лабораторному стенді.

4.1 Схема лабораторного стенду

Для регулювання швидкості гідравлічних систем на виробництві використовують регулюючі дроселі та регулятори потоку. Вони задовільно зарекомендували себе в експлуатації, так як мають відносно легку конструкцію та спосіб регулювання. В ідеальному випадку для коректної роботи системи повинне створюватися обладнання з характеристиками, необхідними для забезпечення саме цієї машини.

На кафедрі «Прикладної гідроаеромеханіки та механотроніки» механіко-машинобудівного університету КПІ імені Ігоря Сікорського в рамках співпраці з компанією «Hydraulic Line» створено стендове обладнання, зокрема, для дослідження динамічних характеристик дроселя та регулятора потоку даного типу. Воно дозволяє визначати цілий ряд параметрів гідравлічної системи з можливістю об'ємного та дросельного регулювання швидкості руху виконавчого пристрою.

На рис. 4.1 представлена гідравлічна схема випробувального стенду та його основні компоненти, на рис.4.2 показано його загальний вигляд.

4.1 Опис роботи гідравлічної схеми

При вмиканні живлення рідина з гідробаку ГБ через відкрите положення крану Кр1 за допомогою електродвигуна Ед від шестеренного насосу Н1 йде через один з відкритих клапанів Кр2 чи Кр3 (залежно від досліду). Надлишок рідини скидається через запобіжний клапан КЗ, тиск в якому є постійним і налаштований на 80 bar. Далі робоча рідина йде через дросель або регулятор потоку відповідно. Залежно від значення навантаження, яке регулюється клапанами тиску КТ1-КТ4, рідина через відкритий клапан надходить до електромагнітного розподільника Р5, сигнал на праву котушку якого подається

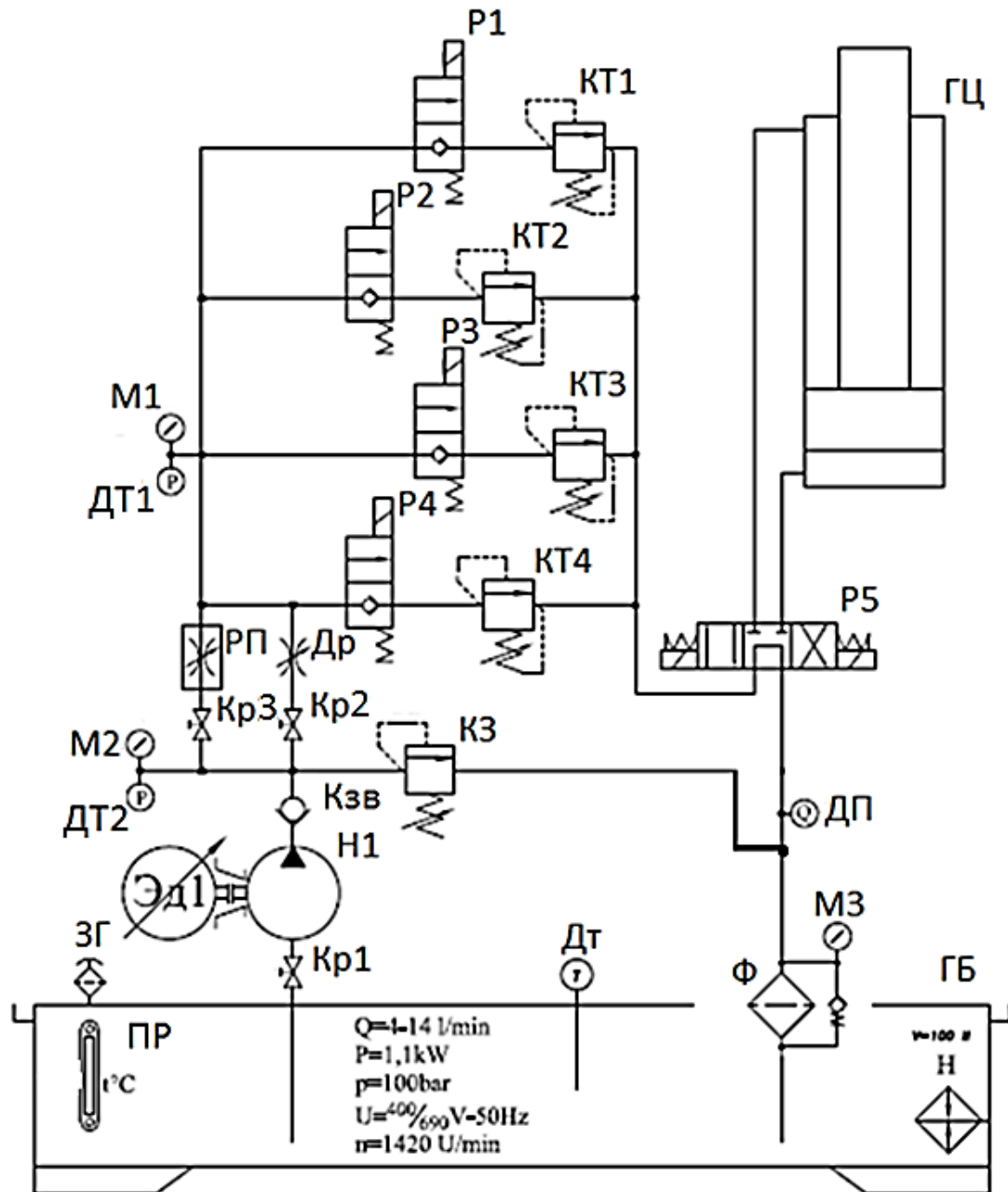


Рис. 4.1. Принципова гідравлічна схема лабораторного стенду для вивчення параметрів системи з можливістю об'ємного та дросельного регулювання швидкості руху виконавчого пристрою.

М1, М2 - манометри; М3 – показчик забруднення фільтра; ДТ1, ДТ2 – датчики тиску;
 Кр2, Кр3- крани; Кзв – зворотній клапан; К3 - запобіжний клапан; Ед1 – асинхронний
 електродвигун; Н1 – шестеренний насос; Р1-Р4 – двохпозиційний електромагнітний
 розподільник; Р5 – трьохпозиційний електромагнітний розподільник;
 КТ1-КТ4 – клапани тиску; ГЦ – виконавчий пристрій у вигляді гідроциліндру
 двосторонньої дії; ДП – датчик потоку (витратомір); 3Г – зливна горловина;
 Др – регульований дросель; РП – регулятор потоку; ГБ – гідробак; ПР – показчик рівня;
 Ф – зливний фільтр; ДТ - датчик температури.

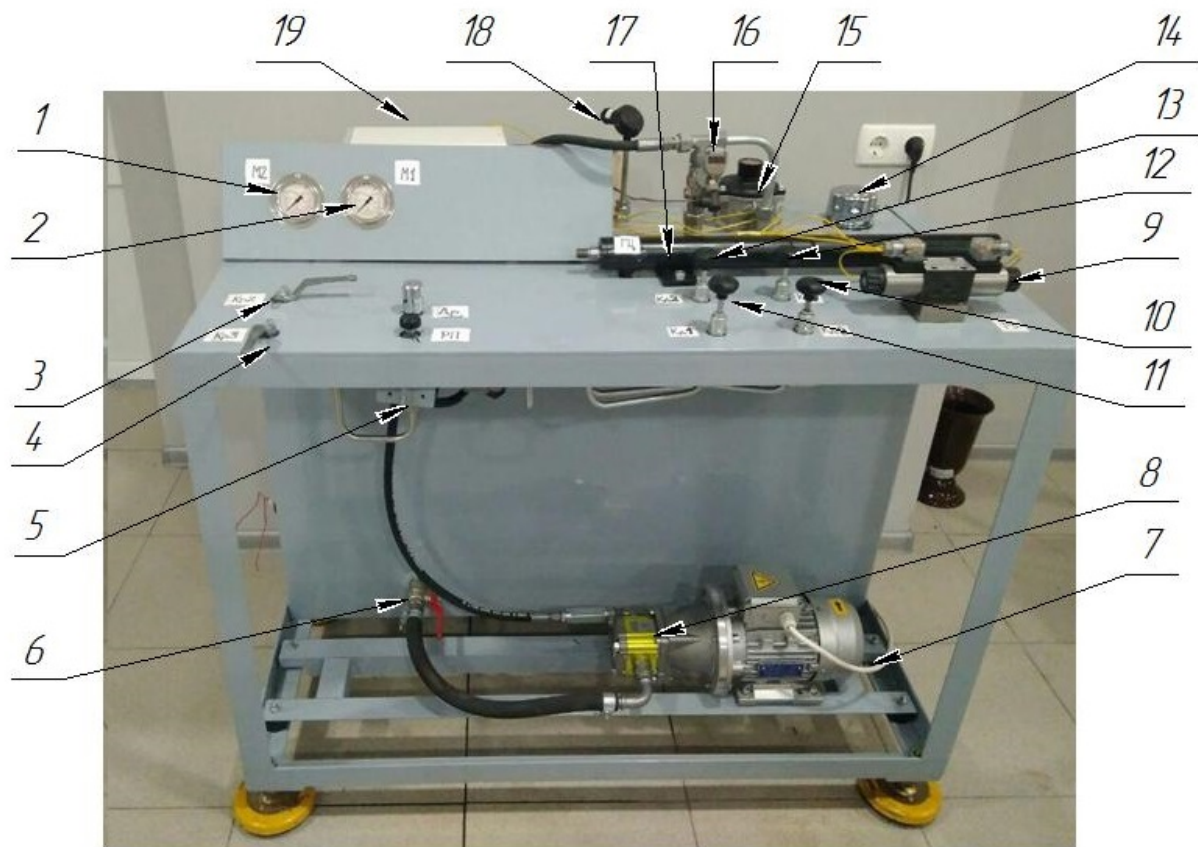


Рис. 4.2. Лабораторний стенд для вивчення параметрів системи з можливістю об'ємного та дросельного регулювання швидкості руху виконавчого пристрою.

- 1- манометр М2; 2- манометр М1; 3 - кран Кр2; 4 - кран Кр3; 5 – запобіжний клапан КЗ;
 6 – кран Кр3; 7 – асинхронний електродвигун ЕД; 8 – шестеренний насос НШ;
 9 – електромагнітний розподільник Р5; 10 – клапан тиску КТ2; 11 – клапан тиску КТ1;
 12 – клапан тиску КТ3; 13 – клапан тиску КТ4; 14 – зливна горловина ЗГ; 15 – зливний фільтр грубої очистки Ф з манометром М3; 16 – витратомір; 17 – гідроциліндр ГЦ;
 18 – перетворювач температури

через панель керування (рис.4.3) кнопкою «Клапан 5а» Розподільник переключається у праве положення і рідина потрапляє в робочу порожнину виконавчого пристрою – гідроциліндра ГЦ. Таким чином, рідина надходить у поршневу порожнину гідроциліндра та виконавчий пристрій рухається вперед із швидкістю, що задається навантаженням на клапанах тиску. При поданні сигналу на ліву котушку розподільника через кнопку на панелі керування (рис.4.3) «Клапан 5b» – рідина потрапляє в штокову порожнину циліндра – відбувається рух в зворотньому положенні. При вмиканні кнопки «Клапан 5а» на панелі керування цикл повторюється.



Рис. 4.3. Панель керування стендом

Дана схема дає можливість провести ряд дослідів, а саме:

Визначення дійсної витрати гідроциліндру при регулюванні дроселем та при регулюванні регулятором потоку при змінному навантаженні.

Визначення теоретичної, дійсної витрати та об'ємного ККД гідроциліндру при регулюванні дроселем та при регулюванні регулятором потоку при постійному навантаженні.

Визначення зміни дійсної витрати робочої рідини при регулюванні дроселем та при регулюванні регулятором потоку при попередньо встановленій витраті.

4.1 Порядок проведення лабораторної роботи:

Під час виконання лабораторної роботи необхідно ознайомитися з основними елементами, визначити їх характеристики та занести їх до Табл. 4.1.

Табл. 4.1. Таблиця для заповнення при вивченні обладнання стенду

Елемент	Характеристика	Значення
Шестеренний насос модель _____ позначення _____	Робочий об'єм	
	Номінальна частота обертання	
	Максимальний робочий тиск	
Електродвигун модель _____ позначення _____	Потужність	
	Номінальна частота обертання	
	Напруга живлення	

Продовження табл.4.1

Елемент	Характеристика	Значення
Запобіжний клапан модель_____	Максимальна витрата	
	Діапазон тисків	
	позначення_____	
Манометри позначення_____	Діапазон вимірювання	
	Одиниці вимірювання	
Фільтр з індикатором забруднення на зливній лінії модель_____	Тонкість фільтрації	
	Робочий тиск	
	Номінальна пропускна здатність	
	позначення_____	
Дросель модель_____	Максимальний тиск	
	Макс. витрата	
	З'єднання	
Регулятор потоку модель_____	Максимальний тиск	
	Макс. витрата	
	З'єднання	
Електромагнітний розподільник модель_____	Напруга живлення	
	Максимальна витрата	
	Максимальний тиск	
	Кількість ліній	
	Кількість позицій	
	З'єднання	
Клапани тиску модель_____	Максимальна витрата	
	Діапазон тисків	
	З'єднання	
Датчик витрати модель_____	Діапазон вимірювання	
	Кількість цифрових виходів	
	Максимальний тиск	
	З'єднання	
Перетворювач температури моделі _____	Діапазон вимірювання, °C	

Лабораторна робота №5

Визначення дійсної витрати гідроциліндру при регулюванні дроселем та при регулюванні регулятором потоку при змінному навантаженні

Мета: визначити значення дійсної витрати робочої рідини при змінній тиску навантаження при різних значення положення рукоятки дроселя та регулятора потоку; побудувати графіки залежності дійсної витрати від положення ручки; зробити висновки щодо виконаної роботи.

5.1 Принцип дії лабораторної установки

На рис.5.1 представлений робочий цикл гідравлічної схеми випробувального стенду при проведенні дослідів з дросельним регулюванням (а) та при регулюванні регулятором потоку (б).

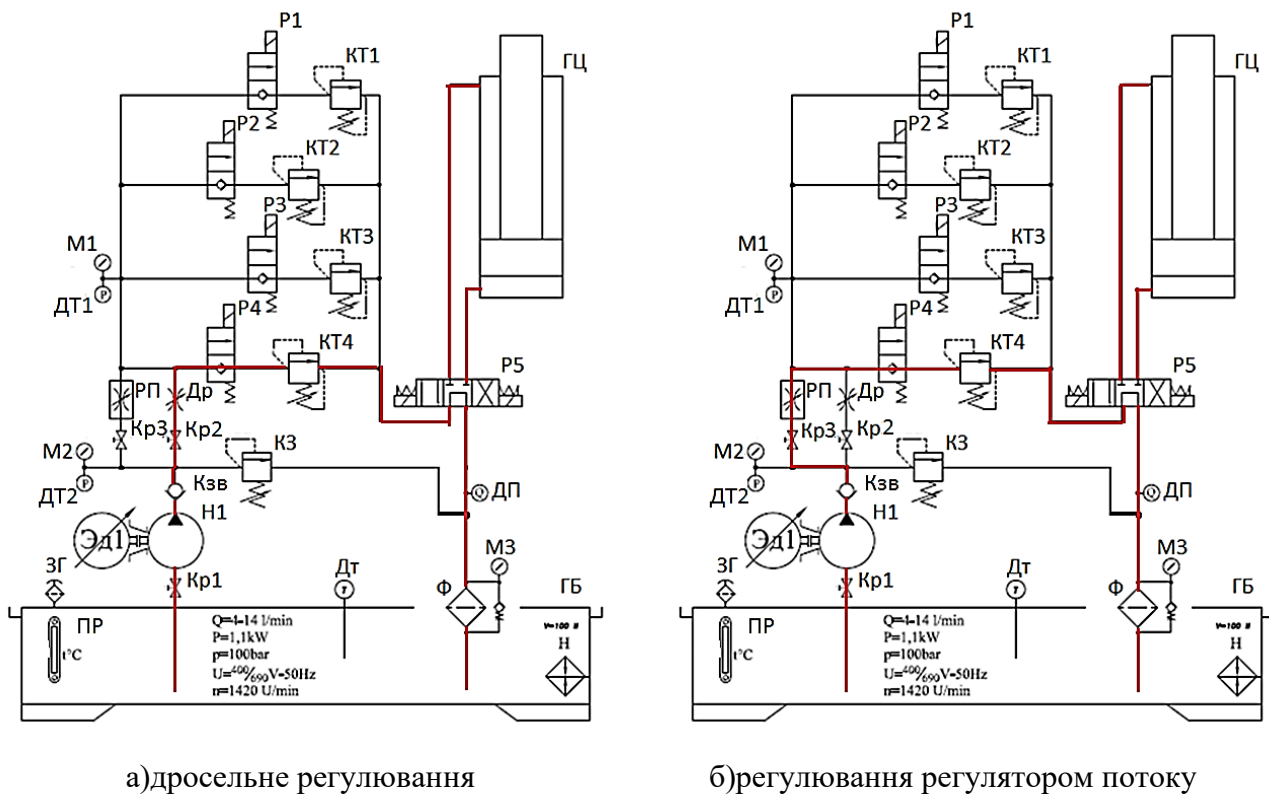


Рис. 5.1. Робочий цикл схеми при визначенні дійсної витрати гідроциліндру при регулюванні дроселем та при регулюванні регулятором потоку при змінному навантаженні

При регулюванні за допомогою дроселя (рис.5.1а), після вмикання живлення рідина з гідробаку ГБ через відкрите положення крану Кр1 за допомогою електродвигуна Эд від шестеренного насоса Н1 поступає до

зворотнього клапану Кзв. Тиск зростає і клапан відкривається. Далі робоча рідина йде через відкритий клапан Кр2 до дроселя Др.

Примітка: В даному досліді положення ручки дроселя Др змінюється в рамках чотирьох значень навантаження, тобто після виставлення навантаження, змінюємо положення ручки доки не отримаємо всі точки. Потім повторюємо для кожного з чотирьох навантажень, яке задається клапанами тиску КТ1-КТ4. Значення тисків для проведення лабораторної роботи задається викладачем.

Після чого рух рідини залежить від навантаження, яке задається на клапанах тиску КТ1-КТ4 відповідно. Сигнал з панелі керування (рис.2.8) подається на один з розподільників Р1-4 (керування розподільників відбувається за допомогою сенсорних кнопок «Клапан 1-4» відповідно, які розташовані на панелі керування), який відкривається і пропускає рідину через клапан КТ1-КТ4 відповідно. Після цього рідина через відкритий клапан надходить до електромагнітного розподільника Р5, сигнал на праву котушку якого подається через панель керування кнопкою «Клапан 5а» (рис.4.3). Від розподільника Р5 рідина потрапляє в робочу порожнину виконавчого пристрою – гідроциліндра ГЦ. Таким чином, рідина надходить у поршневу порожнину гідроциліндра та виконавчий пристрій рухається вперед із швидкістю, що задається навантаженням на клапанах тиску. При поданні сигналу на ліву котушку розподільника через кнопку на панелі керування «Клапан 5б» (рис.4.3) – рідина потрапляє в штокову порожнину циліндра – і відбувається рух в зворотньому положенні. При вмиканні кнопки «Клапан 5а» на панелі керування цикл повторюється.

При регулюванні за допомогою дроселя (рис.5.16), після вмикання живлення рідина з гідробаку ГБ через відкрите положення крану Кр1 за допомогою електродвигуна Ед від шестеренного насосу Н1 поступає до зворотнього клапану Кзв. Тиск зростає і клапан відкривається. Далі робоча рідина йде через відкритий клапан Кр3 до регулятора потоку РП.

Примітка: В даному досліді положення ручки регулятора потоку РП змінюється в рамках чотирьох значень навантаження, тобто після виставлення навантаження, змінюємо положення ручки доки не отримаємо всі точки. Потім повторюємо для кожного з чотирьох навантажень, яке задається клапанами тиску КТ1-КТ4. Значення тисків для проведення лабораторної роботи задається викладачем.

Після чого рух рідини залежить від навантаження, яке задається на клапанах тиску КТ1-КТ4 відповідно. Сигнал з панелі керування (рис.4.3) подається на один з розподільників Р1-4 (керування розподільників

відбувається за допомогою сенсорних кнопок «Клапан 1-4» відповідно, які розташовані на панелі керування), який відкривається і пропускає рідину через клапан КТ1-КТ4 відповідно. Після цього рідина через відкритий клапан надходить до електромагнітного розподільника Р5, сигнал на праву котушку якого подається через панель керування кнопкою «Клапан 5а» (рис.4.3). Розподільник переключається у праве положення і рідина потрапляє в робочу порожнину виконавчого пристрою – гідроциліндра ГЦ. Таким чином, рідина надходить у поршневую порожнину гідроциліндра та виконавчий пристрій рухається вперед із швидкістю, що задається навантаженням на клапанах тиску. При поданні сигналу на ліву котушку розподільника через кнопку на панелі керування «Клапан 5б» (рис.4.3) – рідина потрапляє в штокову порожнину циліндра – і відбувається рух в зворотньому положенні. При вмиканні кнопки «Клапан 5а» на панелі керування цикл повторюється.

5.2 Методика проведення лабораторної роботи

1. Ввімкнути живлення системи.
2. За допомогою панелі керування встановити частоту обертання електродвигуна, яку задає викладач, та запустити його.
3. Налаштувати клапани тиску КТ1, КТ2, КТ3, КТ4 на відповідні значення тиску видані викладачем, наприклад 25, 35, 45, 55 bar. Для цього необхідно відкрити кран Кр2, викрутити ручку дроселя на максимум та натиснути кнопку «Клапан 1» на панелі керування, після чого прокрутити клапан тиску КТ1 доти, доки на манометрі М2 не встановиться значення тиску 25 bar. Аналогічні налаштування провести для трьох інших клапанів.
4. Для вимірювання витрати через дросель Др необхідно відкрити кран Кр2. Нанести відмітки α на ручку дроселя, наприклад розбити 1 оборот ручки дроселя на 8 позначок. Повністю закрутити дросель. Повернувши ручку керування дроселя на 1 відмітку зняти показання витрати на витратомірі при почергово ввімкнених клапанах КТ1-КТ4. Повторити вимірювання доки значення витрати на витратомірі не перестане змінюватись. Отримані значення занести в Табл. 5.1.
5. Для вимірювання витрати через регулятор потоку РП необхідно відкрити кран Кр3. Нанести відмітки α на ручку регулятора потоку, наприклад розбити 1 оборот ручки на 8 позначок. Повністю закрутити ручку регулятора потоку. Повернувши ручку керування регулятором потоку на 1 відмітку зняти показання витрати на витратомірі при

почергово ввімкнених клапанах КТ1-КТ4. Повторити вимірювання доки значення витрати на витратомірі не перестане змінюватись. Отримані значення занести в Табл. 5.1.

Табл. 5.1. Результати проведення дослідів

Положення ручки α	Експериментальні дані							
	$Q_{д(др)}$				$Q_{д(рп)}$			
	$\frac{л}{хв}$				$\frac{л}{хв}$			
	25 bar	35 bar	45 bar	55 bar	25 bar	35 bar	45 bar	55 bar
1								
2								
...								
21								

- Побудувати графік залежності дійсної витрати робочої рідини від положення ручки для дроселя Др $Q_{д(др)} = f(\alpha)$ при різних тисках навантаження та графік залежності дійсної витрати робочої рідини від положення ручки регулятора потоку РП $Q_{д(рп)} = f(\alpha)$ при різних тисках навантаження.
- Зробити висновок щодо отриманих залежностей.

5.3 Контрольні запитання

- Які види регулювання швидкості в системі Ви знаєте? Перерахуйте їх переваги та недоліки.
- Чи впливає навантаження на роботу системи? Якщо так, то яким чином.
- Який характер залежності між навантаженням в системі та дійсною витратою гідроциліндра при дросельному регулюванні та при регулюванні за допомогою регулятора потоку?
- Від чого залежить оптимальний режим роботи? Який найоптимальніший режим роботи системи в даному досліді при дросельному регулюванні та при регулюванні за допомогою регулятора потоку?

Лабораторна робота №6

Визначення дійсної витрати гідроциліндру при регулюванні дроселем та при регулюванні регулятором потоку при постійному навантаженні

Мета: визначити значення теоретичної, дійсної витрати та об'ємного ККД гідравлічної системи при регулюванні дроселем та регулятором потоку при постійному навантаженні; побудувати графіки залежності дійсної витрати та об'ємного ККД від перепаду тиску; зробити висновки щодо виконаної роботи.

6.1 Принцип дії лабораторної установки

На рис.6.1 представлений робочий цикл гідравлічної схеми випробувального стенду при проведенні дослідів з дросельним регулюванням (а) та при регулюванні регулятором потоку (б).

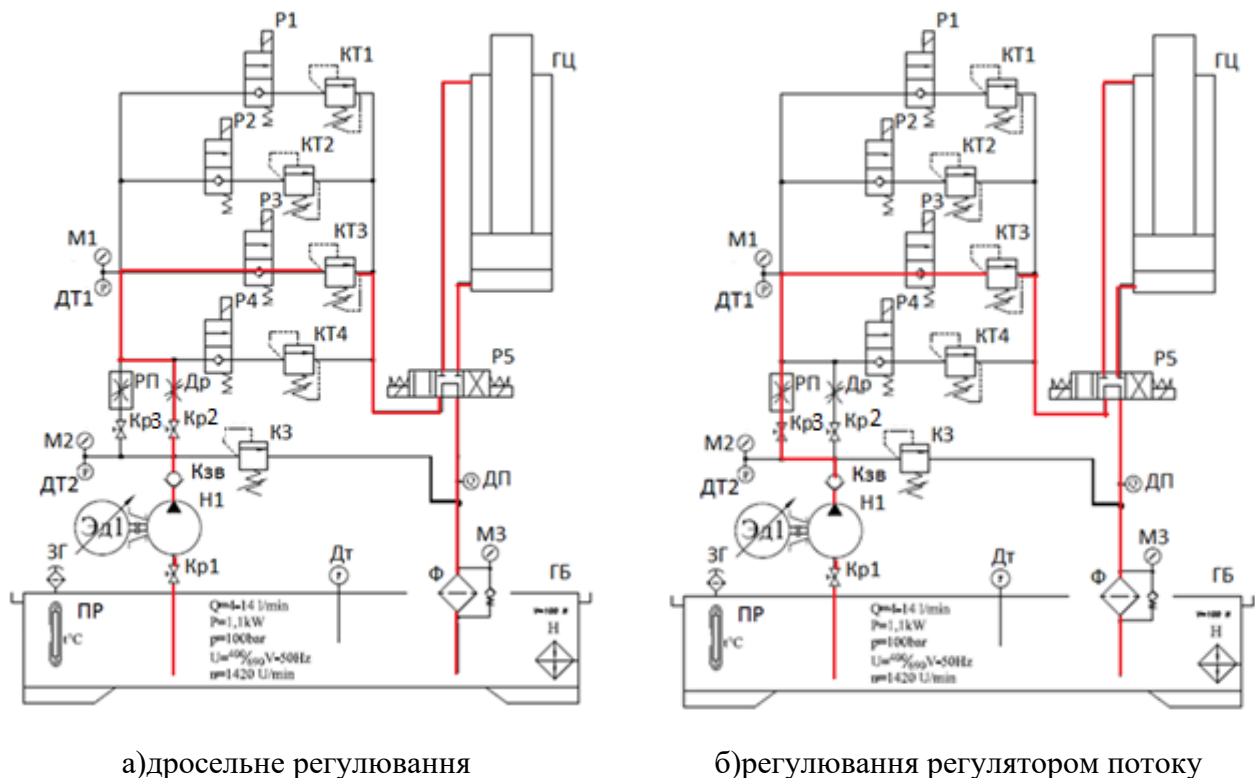


Рис. 6.1. Робочий цикл схеми при визначенні теоретичної, дійсної витрати та об'ємного ККД гідроциліндру при регулюванні дроселем та при регулюванні регулятором потоку при постійному навантаженні

При регулюванні за допомогою дроселя (рис.6.1а), після вмикання живлення рідина з гідробаку ГБ через відкрите положення крану Кр1 за допомогою електродвигуна Эд від шестеренного насосу Н1 поступає до

зворотнього клапану Кзв. Тиск зростає і клапан відкривається. Далі робоча рідина йде через відкритий клапан Кр2 до дроселя Др.

Примітка: В даному досліді положення ручки дроселя Др є незмінним на протязі досліду, тобто спочатку виставляється відповідне положення ручки, потім змінюється навантаження за допомогою ввімкнення відповідного клапана КТ1-КТ4 та проводиться запис відповідних даних. Значення тисків КТ1-КТ4 береться з попередньої лабораторної роботи.

Після чого рух рідини залежить від навантаження, яке задається на клапанах тиску КТ1-КТ4 відповідно. Сигнал з панелі керування (рис. 4.3) подається на один з розподільників Р1-4 (керування розподільників відбувається за допомогою сенсорних кнопок «Клапан 1-4» відповідно, які розташовані на панелі керування), який відкривається і пропускає рідину через клапан КТ1-КТ4 відповідно. Після цього рідина через відкритий клапан надходить до електромагнітного розподільника Р5, сигнал на праву котушку якого подається через панель керування кнопкою «Клапан 5а» (рис.4.3). Від розподільника Р5 рідина потрапляє в робочу порожнину виконавчого пристрою – гідроциліндра ГЦ. Таким чином, рідина надходить у поршневу порожнину гідроциліндра та виконавчий пристрій рухається вперед із швидкістю, що задається навантаженням на клапанах тиску. При поданні сигналу на ліву котушку розподільника через кнопку на панелі керування «Клапан 5б» (рис.4.3) – рідина потрапляє в штокову порожнину циліндра – і відбувається рух в зворотньому положенні. При вмиканні кнопки «Клапан 5а» на панелі керування цикл повторюється.

При регулюванні за допомогою дроселя (рис. 6.16), після вмикання живлення рідина з гідробаку ГБ через відкрите положення крану Кр1 за допомогою електродвигуна Ед від шестеренного насоса Н1 поступає до зворотнього клапану Кзв. Тиск зростає і клапан відкривається. Далі робоча рідина йде через відкритий клапан Кр3 до регулятора потоку РП.

Примітка: В даному досліді положення ручки регулятора потоку РП є змінним, тобто спочатку виставляється відповідний клапан навантаження, наприклад КТ1, проводиться вимірювання витрати при різних положеннях ручки дроселя, а потім повторюють вимірювання для інших клапанів. Значення тисків КТ1-КТ4 береться з попередньої лабораторної роботи.

В даному досліді положення ручки регулятора потоку РП є незмінним на протязі досліду, тобто спочатку виставляється відповідне положення ручки, потім змінюється навантаження за допомогою ввімкнення відповідного клапана КТ1-КТ4 та проводиться запис відповідних даних. Значення тисків КТ1-КТ4 береться з попередньої лабораторної роботи.

Після чого рух рідини залежить від навантаження, яке задається на клапанах тиску КТ1-КТ4 відповідно. Сигнал з панелі керування (рис.4.3) подається на один з розподільників Р1-4 (керування розподільників відбувається за допомогою сенсорних кнопок «Клапан 1-4» відповідно, які розташовані на панелі керування), який відкривається і пропускає рідину через клапан КТ1-КТ4 відповідно. Після цього рідина через відкритий клапан надходить до електромагнітного розподільника Р5, сигнал на праву котушку якого подається через панель керування кнопкою «Клапан 5а» (рис.4.3). Розподільник переключається у праве положення і рідина потрапляє в робочу порожнину виконавчого пристрою – гідроциліндра ГЦ. Таким чином, рідина надходить у поршневу порожнину гідроциліндра та виконавчий пристрій рухається вперед із швидкістю, що задається навантаженням на клапанах тиску. При поданні сигналу на ліву котушку розподільника через кнопку на панелі керування «Клапан 5б» (рис.4.3) – рідина потрапляє в штокову порожнину циліндра – і відбувається рух в зворотньому положенні. При вмиканні кнопки «Клапан 5а» на панелі керування цикл повторюється.

6.2 Методика проведення лабораторної роботи

1. Ввімкнути живлення системи.
2. За допомогою панелі керування встановити частоту обертання електродвигуна, яку задає викладач, та запустити його.
3. Налаштувати клапани тиску КТ1, КТ2, КТ3, КТ4 на відповідні значення тиску видані викладачем в минулій лабораторній роботі. Для цього необхідно відкрити кран Кр2, викрутити ручку дроселя на максимум та натиснути кнопку «Клапан 1» на панелі керування, після чого прокрутити клапан тиску КТ1 доти, доки на манометрі М2 не встановиться значення тиску наприклад 25 бар. Аналогічні налаштування провести для трьох інших клапанів.
4. Для вимірювання витрати через дросель Др необхідно відкрити кран Кр2. Увімкнути клапан КТ1. При ввімкненому клапані визначити межі регулювання дроселя. Розбити цей діапазон на однакові ділянки, наприклад на 10 і позначити їх. Виставити 1 положення ручки дроселя. Зняти показання манометрів М1, М2 та витратоміра при 4 по чергово ввімкнених клапанах тиску КТ1-КТ4 і занести їх в Табл. 6.1. Повторити вимірювання для інших 9 положень ручки.

Табл. 6.1. Таблиця обробки даних при дросельному регулюванні

№ клапана тиску КТ	Полож- ення ручки дроселя α	Експериментальні дані			Розрахункові дані		
		$P_{1\text{ (др)}}(M1)$	$P_{2\text{ (др)}}(M2)$	$Q_{\text{д (др)}}$	$\Delta p_{\text{ (др)}}$	$Q_{\text{т (др)}}$	$\eta_{\text{о (др)}}$
		<i>bar</i>	<i>bar</i>	$\frac{\text{л}}{\text{хв}}$	<i>bar</i>	$\frac{\text{л}}{\text{хв}}$	
1	1						
	2						
	...						
	10						
2	1						
	2						
	...						
	10						
3	1						
	2						
	...						
	10						
4	1						
	2						
	...						
	10						

Табл. 6.2. Таблиця обробки даних при регулюванні регулятором потоку

№ клапана тиску КТ	Полож- ення ручки РП α	Експериментальні дані			Розрахункові дані		
		$P_{1\text{ (рп)}}(M1)$	$P_{2\text{ (рп)}}(M2)$	$Q_{\text{д (рп)}}$	$\Delta p_{\text{ (рп)}}$	$Q_{\text{т (рп)}}$	$\eta_{\text{о (рп)}}$
		<i>bar</i>	<i>bar</i>	$\frac{\text{л}}{\text{хв}}$	<i>bar</i>	$\frac{\text{л}}{\text{хв}}$	
1	1						
	2						
	...						
	10						
2	1						
	2						
	...						
	10						
3	1						
	2						
	...						
	10						
4	1						
	2						
	...						
	10						

5. Для вимірювання витрати через регулятор потоку РП необхідно відкрити кран Кр3. Увімкнути клапан КТ1. При увімкненому клапані визначити межі регулювання регулятора потоку. Нанести відмітки α на ручку регулятора потоку, наприклад межі в яких можливе регулювання витрати поділити на 6 позначок. Виставити 1 положення ручки регулятора потоку. Зняти показання манометрів М1, М2 та витратоміра при 4 по чергово увімкнених клапанах тиску КТ1-КТ4 і занести їх в Табл. 6.2. Повторити вимірювання для інших 5 положень ручки.
6. Порахувати перепад тиску на дроселі (регуляторі потоку) за формулою (6.1), отримані значення занести у відповідні таблиці:

$$\Delta p = p_1 - p_2, \quad (6.1)$$

- де p_1 — значення тиску перед дроселем (регулятором потоку), *bar*;
 p_2 — значення тиску після дроселя (регулятора потоку), *bar*.

7. Порахувати теоретичну витрату системи, за формулою (6.2), отримані значення занести у відповідні таблиці:

$$Q_T = qn, \frac{\text{см}^3}{\text{хв}} \quad (6.2)$$

- де q — робочий об'єм насоса визначений в лабораторній роботі 4, $\frac{\text{см}^3}{\text{об}}$;
 n — кількість обертів насоса, хв^{-1} .

Примітка: Розмірність величин отриманих з розрахунку відрізняється від розмірності в таблиці. Не забудьте провести відповідні перетворення.

8. Знаючи теоретичну та дійсну витрату можна знайти об'ємний ККД гідроциліндру за формулою (6.3), отримані значення занести у відповідні таблиці:

$$\eta_o = \frac{Q_T}{Q_d}, \quad (6.3)$$

- де Q_T — теоретична витрата робочої рідини, $\frac{\text{см}^3}{\text{хв}}$;
 Q_d — дійсна витрата робочої рідини, хв^{-1} .

9. Побудувати графіки:

- залежності дійсної витрати робочої рідини при дросельному регулюванні від перепаду тиску на дроселі $Q_{d(\text{др})} = f(\Delta p)$ при різних тисках навантаження КТ;

- залежності дійсної витрати робочої рідини при регулюванні регулятором потоку від перепаду тиску на РП $Q_{д(рп)} = f(\Delta p)$ при різних тисках навантаження КТ;
- залежність об'ємного ККД від перепаду тиску на дроселі $\eta_{о(др)} = f(\Delta p)$ при різних тисках навантаження КТ;
- залежність об'ємного ККД від перепаду тиску на регуляторі потоку $\eta_{о(рп)} = f(\Delta p)$ при різних тисках навантаження КТ.

10.Зробити висновок щодо отриманих залежностей.

6.3 Контрольні запитання

1. Які види регулювання швидкості в системі Ви знаєте? Перерахуйте їх переваги та недоліки.
2. Чи впливає навантаження на роботу системи? Якщо так, то яким чином. Обґрунтуйте свою думку за допомогою графіку.
3. Який характер залежності між навантаженням в системі та дійсною витратою гідроциліндра при дросельному регулюванні та при регулюванні за допомогою регулятора потоку?
4. Який характер залежності між об'ємним ККД гідроциліндру та перепадом тиску при дросельному регулюванні та при регулюванні за допомогою регулятора потоку? Чи впливає навантаження на значення об'ємного ККД гідроциліндру? Якщо так, то яким чином. Обґрунтуйте свою думку за допомогою графіку.
5. Від чого залежить оптимальний режим роботи? Який найоптимальніший режим роботи системи в даному досліді при дросельному регулюванні та при регулюванні за допомогою регулятора потоку? В яких межах він лежить?

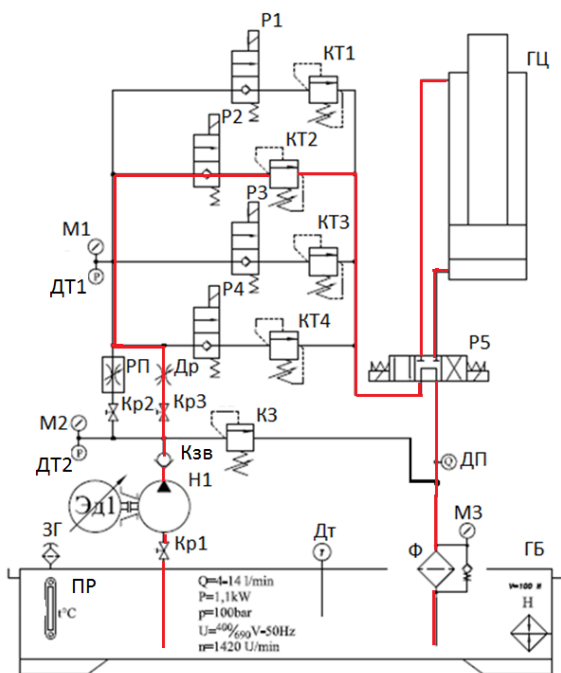
Лабораторна робота №7

Визначення зміни дійсної витрати робочої рідини при регулюванні дроселем та при регулюванні регулятором потоку при попередньо встановленій витраті

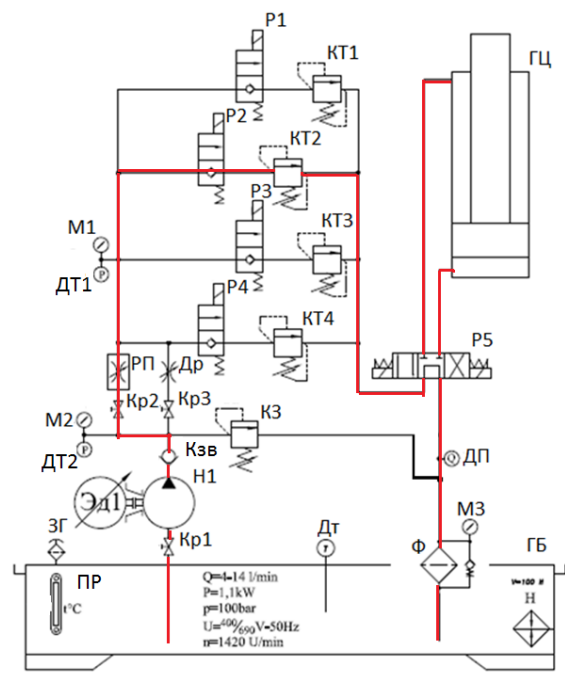
Мета: практично оцінити різницю у регулюванні швидкості виконавчого пристрою при роботі дроселя та при роботі регулятора потоку.

7.1 Принцип дії лабораторної установки

На рис.7.1 представлений робочий цикл гідравлічної схеми випробувального стенду при проведенні дослідів з дросельним регулюванням (а) та при регулюванні регулятором потоку (б).



а) дросельне регулювання



б) регулювання регулятором потоку

Рис. 7.1. Робочий цикл схеми при визначенні зміни дійсної витрати робочої рідини при регулюванні дроселем та при регулюванні регулятором потоку при попередньо встановленій витраті

При регулюванні за допомогою дроселя (рис.7.1а), після вмикання живлення рідина з гідробаку ГБ через відкрите положення крану Кр1 за допомогою електродвигуна Эд від шестеренного насосу Н1 поступає до зворотнього клапану Кзв. Тиск зростає і клапан відкривається. Далі робоча рідина йде через відкритий клапан Кр2 до дроселя Др.

Примітка: В даному досліді положення ручки дроселя Др встановлюється на відповідну витрату на початку дослідів, тобто спочатку

виставляється відповідне положення ручки, по чергово змінюється навантаження за допомогою ввімкнення відповідного клапана КТ1-КТ4 та проводиться запис відповідних даних. Значення тисків КТ1-КТ4 береться з попередньої лабораторної роботи.

В даному досліді положення ручки дроселя встановлено зарання на певне значення витрати (задається викладачем) і є незмінним впродовж досліду, тобто значення витрати залежатиме тільки від навантаження

Після чого рух рідини залежить від навантаження, яке задається на клапанах тиску КТ1-КТ4 відповідно. Сигнал з панелі керування (рис. 4.3) подається на один з розподільників Р1-4 (керування розподільників відбувається за допомогою сенсорних кнопок «Клапан 1-4» відповідно, які розташовані на панелі керування), який відкривається і пропускає рідину через клапан КТ1-КТ4 відповідно. Після цього рідина через відкритий клапан надходить до електромагнітного розподільника Р5, сигнал на праву котушку якого подається через панель керування кнопкою «Клапан 5а» (рис.4.3). Від розподільника Р5 рідина потрапляє в робочу порожнину виконавчого пристрою – гідроциліндра ГЦ. Таким чином, рідина надходить у поршневу порожнину гідроциліндра та виконавчий пристрій рухається вперед із швидкістю, що задається навантаженням на клапанах тиску. При поданні сигналу на ліву котушку розподільника через кнопку на панелі керування «Клапан 5б» (рис.4.3) – рідина потрапляє в штокову порожнину циліндра – і відбувається рух в зворотньому положенні. При вмиканні кнопки «Клапан 5а» на панелі керування цикл повторюється.

При регулюванні за допомогою дроселя (рис.7.16), після вмикання живлення рідина з гідробаку ГБ через відкрите положення крану Кр1 за допомогою електродвигуна Ед від шестеренного насосу Н1 поступає до зворотнього клапану Кзв. Тиск зростає і клапан відкривається. Далі робоча рідина йде через відкритий клапан Кр3 до регулятора потоку РП.

Примітка: В даному досліді положення ручки регулятора потоку РП встановлюється на відповідну витрату на початку, тобто спочатку виставляється відповідний клапан навантаження, наприклад КТ1, проводиться вимірювання витрати при різних положеннях ручки дроселя, а потім повторюють вимірювання для інших клапанів. Значення тисків КТ1-КТ4 береться з попередньої лабораторної роботи.

Після чого рух рідини залежить від навантаження, яке задається на клапанах тиску КТ1-КТ4 відповідно. Сигнал з панелі керування (рис.4.3) подається на один з розподільників Р1-4 (керування розподільників відбувається за допомогою сенсорних кнопок «Клапан 1-4» відповідно, які

розташовані на панелі керування), який відкривається і пропускає рідину через клапан КТ1-КТ4 відповідно. Після цього рідина через відкритий клапан надходить до електромагнітного розподільника Р5, сигнал на праву котушку якого подається через панель керування кнопкою «Клапан 5а» (рис.4.3). Розподільник переключається у праве положення і рідина потрапляє в робочу порожнину виконавчого пристрою – гідроциліндра ГЦ. Таким чином, рідина надходить у поршневу порожнину гідроциліндра та виконавчий пристрій рухається вперед із швидкістю, що задається навантаженням на клапанах тиску. При поданні сигналу на ліву котушку розподільника через кнопку на панелі керування «Клапан 5б» (рис.4.3) – рідина потрапляє в штокову порожнину циліндра – і відбувається рух в зворотньому положенні. При вмиканні кнопки «Клапан 5а» на панелі керування цикл повторюється.

7.2 Методика проведення лабораторної роботи

1. Ввімкнути живлення системи.
2. За допомогою панелі керування встановити частоту обертання електродвигуна, яку задає викладач, та запустити його.
3. Налаштувати клапани тиску КТ1, КТ2, КТ3, КТ4 на відповідні значення тиску видані викладачем в лабораторній роботі 5. Для цього необхідно відкрити кран Кр2, викрутити ручку дроселя на максимум та натиснути кнопку «Клапан 1» на панелі керування, після чого прокрутити клапан тиску КТ1 доти, доки на манометрі М2 не встановиться значення тиску наприклад 25 bar. Аналогічні налаштування провести для трьох інших клапанів.
4. Для вимірювання витрати через дросель Др необхідно відкрити кран Кр2. Увімкнути клапан КТ1. Встановити значення витрати, яке контролюється по витратомірові. Почергово ввімкнути клапани тиску КТ2-КТ4 та записати значення витрати у Табл. 7.1. Повторити випробування для всіх значень витрати, які видані викладачем. За звичай видаються 4 значення витрати, наприклад 9, 10, 11, 12 л/хв.
5. Для вимірювання витрати через регулятор потоку РП необхідно відкрити кран Кр3. Увімкнути клапан КТ1. Встановити значення витрати, яке контролюється по витратомірові. Почергово ввімкнути клапани тиску КТ2-КТ4 та записати значення витрати у Табл. 7.1. Повторити випробування для всіх значень витрати, які використовувались в попередньому досліді.

Табл. 7.1. Таблиця обробки даних

№ клапана тиску КТ	M_1, bar	$Q_{д(др)}, \frac{л}{хв}$	$Q_{д(рп)}, \frac{л}{хв}$	Встановлена витрата
1				9
2				
3				
4				
1				10
2				
3				
4				
1				11
2				
3				
4				
1				12
2				
3				
4				

6. Побудувати графіки:

- залежності дійсної витрати робочої рідини при дросельному регулюванні від навантаження $Q_{д(др)} = f(M_1)$ при різних попередньо встановлених витратах;
- залежності дійсної витрати робочої рідини при регулюванні регулятором потоку від навантаження $Q_{д(рп)} = f(M_1)$ при різних попередньо встановлених витратах.

7. Зробити висновок щодо отриманих залежностей.

7.3 Контрольні запитання

1. Які види регулювання швидкості в системі Ви знаєте? Перерахуйте їх переваги та недоліки.
2. Чи впливає навантаження на роботу системи при дросельному регулюванні та при регулюванні регулятором потоку? Якщо так, то яким чином. Обґрунтуйте свою думку за допомогою графіку.
3. Який характер залежності між циклічним навантаженням в системі та дійсною витратою гідроциліндра при дросельному регулюванні та при регулюванні за допомогою регулятора потоку?

Рекомендована література

1. Технічна гідромеханіка. Гідравліка та гідропривод: Підручник / В.О. Федорець, М.Н. Педченко, О.О. Федорець та ін.; За ред. В.О. Федорця. – Житомир, ЖІТІ, 1998. – 412 с.
2. Эксплуатация гидравлического оборудования: Учеб. пособ. / З.Л. Финкельштейн. – Алчевск: ДонГТУ, 2008. – 123 с. Книга 3
3. ДСТУ 3455.1-96. Гідроприводи об'ємні та пневмоприводи. Частина 1. Загальні поняття. – К.: Держстандарт України, 1997. – 54 с.
4. ДСТУ 3455.2-96. Гідроприводи об'ємні та пневмоприводи. Частина 2. Об'ємні гідромашини та пневмомашини. – К.: Держстандарт України, 1997. – 61 с.
5. ДСТУ 3455.3-96. Гідроприводи об'ємні та пневмоприводи. Частина 3. Гідроапарати та пневмоапарати. – К.: Держстандарт України, 1997. – 37 с.
6. ДСТУ 3455.4-96. Гідроприводи об'ємні та пневмоприводи. Частина 4. Кондиціонери робочого середовища, гідропосудини та пневмопосудини, гідроприводи та пневмоприводи. – К.: Держстандарт України, 1997. – 30 с.
7. ДСТУ 2404-94. Передачі гідродинамічні. – К.: Держстандарт України, 1994.
8. Гідропривод сільськогосподарської техніки. (комплект кодопосібників) / О.М. Погорілець О.М., Волянський М.С. - К.: Аграрна освіта, 2004. -210с.
9. Гідропривод сільськогосподарської техніки: Навчальне видання / О.М. Погорілець, М.С. Волянський, В.Д. Войтюк, С.І. Пастушенко; За ред. О.М. Погорільця. – К.: Вища освіта, 2004. 368 с.: іл.
10. Расчет, проектирование и эксплуатация объемного гидропривода. Учебное пособие. /З.Л. Финкельштейн, О.М. Яхно, В.Г. Чебан, З.Я. Лурье, И.А. Чекмасова. – К.: НТУУ «КПИ». – 2006. – 216 с.

Додаток А

Приклад титульної сторінки протоколу лабораторної роботи



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

Кафедра Прикладної гідроаеромеханіки і механотроніки

Лабораторна робота №X

ТЕМА: ВИВЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ШЕСТИЕРЕННОГО НАСОСА

**Виконав студент 3 курсу,
групи МА-XX**

Іванов Іван Іванович

ПЕРЕВІРИВ:

Петренко Петро Петрович



Захищено з оцінкою:
