

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»



ГІДРАВЛІЧНІ ТА ПНЕВМАТИЧНІ СИСТЕМИ ПРИВОДІВ

МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

до виконання **лабораторних робіт** з дисципліни
«Системи приводів»
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня
зі спеціальності **131 – Прикладна механіка**
всіх форм навчання

Затверджено на засіданні
кафедри технологій
машинобудування та
деревообробки
протокол №6 від 11.01.2022 р.

ЧЕРНІГІВ 2022

Гідравлічні та пневматичні системи приводів. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 131 – Прикладна механіка всіх форм навчання. – Чернігів: НУ «Чернігівська політехніка», 2022. – 64 с.

Укладач: САПОН СЕРГІЙ ПЕТРОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент

Відповідальний за видання: ЄРОШЕНКО АНДРІЙ МИХАЙЛОВИЧ, завідувач кафедри технологій машинобудування та деревообробки, канд. техн. наук, доцент.

Рецензент: ОЛЕКСІЄНКО СЕРГІЙ ВЛАДИСЛАВОВИЧ, кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри технологій зварювання та будівництва Національного університету «Чернігівська політехніка»

© Сапон С.П.

© НУ «Чернігівська політехніка»

Зміст

1	Загальні методичні рекомендації	4
1.1	Мета і завдання лабораторних робіт	4
1.2	Підготовка до виконання лабораторних робіт	4
1.3	Обсяг та зміст лабораторних робіт	5
1.4	Вимоги оформлення звіту з лабораторної роботи	6
1.4.1	Вимоги до оформлення текстової частини звіту	6
1.4.2	Вимоги до оформлення графічних елементів	6
1.4.3	Вимоги до оформлення формул	7
1.4.4	Вимоги до оформлення таблиць	8
1.4.5	Складання переліку посилань	9
1.5	Критерії оцінки знань при виконанні лабораторних робіт	10
2	Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт	13
	Лабораторна робота №1. Гідравлічні насоси	13
	Лабораторна робота №2 Гідравлічна апаратура	17
	Лабораторна робота №3 Гідравлічні двигуни	22
	Лабораторна робота №4. Компресори	27
	Лабораторна робота №5 Пневматична апаратура	33
	Лабораторна робота №6 Пневматичні двигуни	39
3	Методичні рекомендації з оформлення та представлення типових елементів індивідуальних завдань до лабораторних робіт	45
3.1	Рекомендації з формулювання описання конструкції та принципу роботи	45
3.2	Рекомендації з формулювання технічних характеристик елементів гідравлічного (пневматичного) приводу	47
3.3	Рекомендації з розробки функціонального аналізу елементів гідравлічного (пневматичного) приводу	48
3.3.1	Функціональне призначення систем та їх елементів	48
3.3.2	Функціональне призначення деталі	53
3.3.3	Формулювання функцій поверхонь деталі	55
3.4	Рекомендації до виконання аналізу, порівняння, систематизації інформації	57
4	Рекомендації щодо оформлення креслеників	59
4.1	Рекомендації до оформлення складального кресленника	59
4.2	Рекомендації до оформлення кресленника деталі	60
4.3	Рекомендації для самоперевірки оформлення креслеників	60
	Рекомендована література	62
	Додаток А Приклад оформлення титульного аркуша до звіту з лабораторних робіт	64

1 Загальні методичні рекомендації

1.1 Мета і завдання лабораторних робіт

Метою виконання циклу лабораторних робіт «Гідравлічні та пневматичні системи приводів» з дисципліни «Системи приводів» є ознайомлення з принциповою будовою, функціональним призначенням, технологічними можливостями, особливостями експлуатації та принципами роботи типових елементів сучасних гідравлічних і пневматичних приводів, що використовуються в галузі механічної інженерії.

Під *складовими елементами* гідравлічних (пневматичних) приводів розуміються різні насоси, компресори, гідро(пневмо) двигуни, гідро(пневмо) циліндри, контрольно-вимірвальна та запірно-регулююча апаратура, з'єднувальні елементи тощо.

Відповідно до сформульованої вище мети, виконання циклу лабораторних робіт «Гідравлічні та пневматичні системи приводів» дозволяє вирішити наступні **завдання** дисципліни «Системи приводів»:

- 1) ознайомлення з функціональним призначенням та технологічними можливостями типових конструкцій складових елементів сучасних гідравлічних і пневматичних приводів;
- 2) ознайомлення з будовою, особливостями експлуатації та принципами роботи типових конструкцій складових елементів сучасних гідравлічних і пневматичних приводів;
- 3) ознайомлення із способами і засобами підвищення ефективності експлуатації складових елементів сучасних пневматичних та гідравлічних приводів;
- 4) отримання практичних навичок функціонального аналізу складових елементів пневматичних та гідравлічних приводів;
- 5) формування вміння структуровано, компактно, зрозуміло і чітко описувати технічні об'єкти та системи.

1.2 Підготовка до виконання лабораторних робіт

Лабораторні роботи виконуються в обсязі, передбаченому навчальним планом підготовки здобувачів вищої освіти (ЗВО) першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 131 «Прикладна механіка» у відповідності з робочою програмою дисципліни «Системи приводів».

Графік виконання лабораторних робіт доводиться до відома ЗВО на першому занятті.

До виконання лабораторних робіт допускаються здобувачі вищої освіти, які попередньо опрацювали теоретичний матеріал і підготували відповіді на питання до самостійної підготовки.

При підготовці до лабораторної роботи необхідно уважно прочитати розділ «Короткі теоретичні відомості», ознайомитися з інформацією на інших інформаційних ресурсах та носіях та подивитися відео, що ілюструє матеріал за темою лабораторної роботи. Незрозумілі питання, що виникають при підготовці до виконання лабораторної роботи потрібно з'ясувати до початку її виконання.

1.3 Обсяг та зміст лабораторних робіт

Цикл лабораторних робіт складається з двох частин. Перша частина передбачає ознайомлення з конструкціями та функціональним призначенням елементів гідравлічних приводів. Друга частина передбачає ознайомлення з конструкціями та функціональним призначенням елементів пневматичних приводів.

Кожна лабораторна робота передбачає виконання завдань **мінімального (базового) рівня** для здобувачів вищої освіти які претендують на мінімальну позитивну («задовільно» **60 балів**) оцінку та **додаткових індивідуальних завдань** для отримання підсумкової оцінки понад 60 балів.

Здобувач вищої освіти, який претендує на оцінку **понад 60 балів** самостійно (залежно від оцінки, на яку претендує) додатково обирає кількість та вид індивідуальних завдань з переліку, наведеного в кожній лабораторній роботі.

Звіт з кожної лабораторної роботи повинен мати таку структуру:

1. Назва та номер лабораторної роботи.
2. Мета роботи.
3. Результати виконання роботи.
4. Висновки.

Наповнення підрозділу «Результати виконання роботи» формується залежно від кількості балів на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи. Компоненти обов'язкових та додаткових індивідуальних завдань та кількість балів, які можна отримати за їх

виконання наведено в методичних рекомендаціях до кожної з лабораторних робіт.

1.4 Вимоги оформлення звіту з лабораторної роботи

1.4.1 Вимоги до оформлення текстової частини звіту

Звіт з лабораторної роботи оформляється у відповідності із загальними вимогами до текстових документів за ДСТУ 3008-2015. Текст виконується від руки або друкується на принтері шрифтом 14 пт через 1,5 міжрядкові інтервали на одній стороні аркуша білого паперу формату А4 з обмежувальними рамками. Відстань від верхнього, нижнього та правого краю аркуша до обмежувальної рамки – 5 мм, від лівого – 20 мм.

Перенесення слів в заголовках, запис заголовку на одній сторінці, а початок тексту на іншій, скорочення слів, крім загальноприйнятих, не допускається, крапку в кінці заголовка не ставлять.

Відповідно до норм академічної доброчесності **не допускається** переписування з книг та інших інформаційних ресурсів відомих положень та інформації без відповідних посилань на їх номер у переліку посилань вміщений у квадратних дужках. Наприклад:

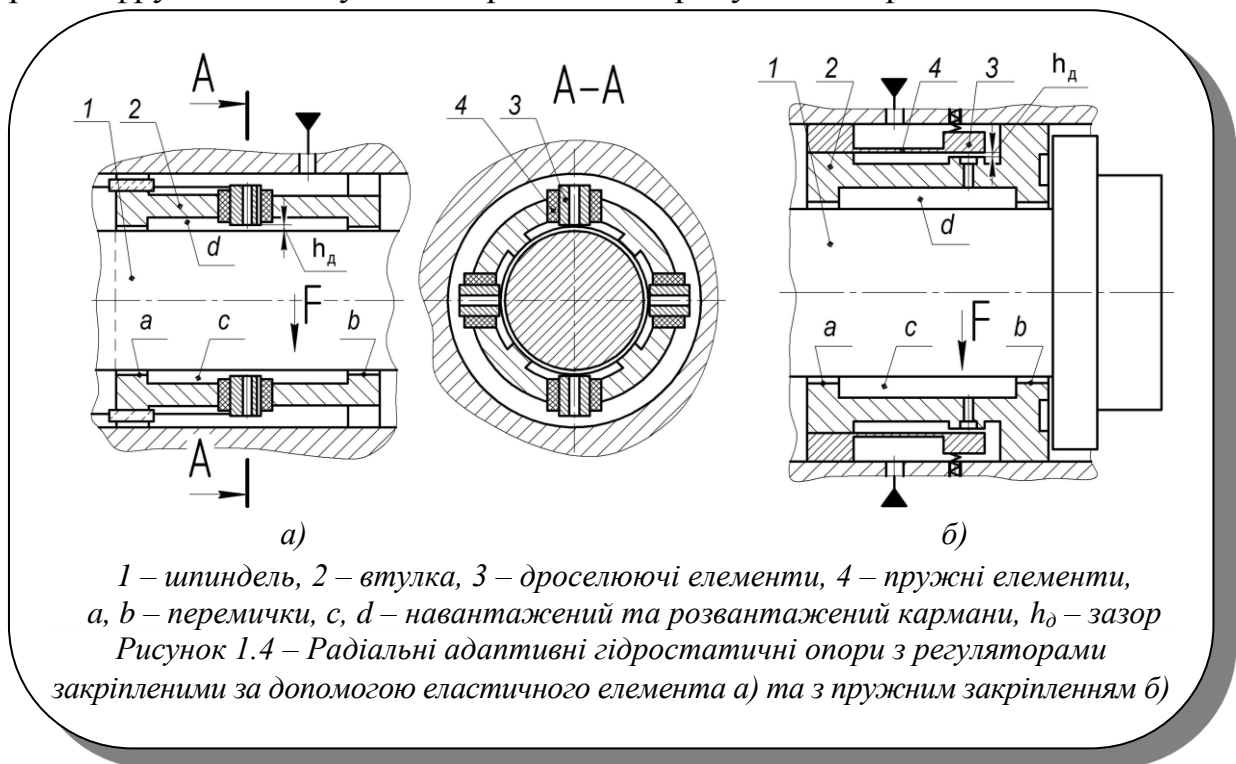
В основу методу покладено створення пошукового поля можливих варіантів конструкції у вигляді морфологічної таблиці, яка вміщує можливі варіанти комбінацій конструктивних ознак. Методика виконання морфологічного аналізу детально висвітлена в численних наукових та навчальних виданнях [1, 3, 4, 6]

1.4.2 Вимоги до оформлення графічних елементів

До графічних елементів відносять рисунки, ескізи, схеми тощо, які розміщують в тексті лабораторної роботи. Всі графічні елементи повинні відповідати вимогам діючих стандартів, правилам нарисної геометрії та інженерної графіки.

Кожний графічний елемент повинен мати номер в межах окремої лабораторної роботи. **Номер ілюстрації** складається з порядкового номеру лабораторної роботи і порядкового номеру ілюстрації в лабораторній роботі, розділених крапкою. Наприклад: *Рисунок 1.3 (третій рисунок першої лабораторної роботи).*

Номер рисунка розміщують під зображенням, за ним через тире вказується назва рисунка з великої літери. Наприклад: *Рисунок 2.6 – Схеми базування деталей*. Якщо на рисунку вказані позиції елементів, то їх розшифрування вказується перед назвою рисунка. Наприклад:



Формат графічних відображень повинен бути таким, щоб створювалось цілком повне враження і була вся необхідна інформація. Якість фотографічних зображень, кількість проекцій і перерізів на ескізах повинна бути такою, яка б давала повне і однозначне уявлення про зображену конструкцію. Не слід прагнути до надмірного збільшення або зменшення зображень. Масштаб повинен бути таким, щоб неозброєним оком можна було розгледіти зображені конструктивні елементи.

В абсолютній і переважній більшості випадків на рисунках мають бути позначення позицій елементів, які на ілюстрації зображені. Якщо таких позначень немає, їх потрібно зробити, використовуючи доступні програмні продукти та навички використання сучасних інформаційних технологій.

1.4.3 Вимоги до оформлення формул

Формули нумеруються арабськими цифрами в межах кожної лабораторної роботи. Номер формули складається із номера лабораторної роботи і порядкового номера формули в межах кожної лабораторної

Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

роботи. Номер вказують на правому боці аркуша у круглих дужках на рівні формули. Пояснення значень символів у формулах слід писати зразу під формулою в тій же послідовності, як вони подані у формулах. Кожне пояснення пишеться з нового рядка, перший рядок розпочинається словом “де” без двокрапки.

Приклад:

Для пневмоциліндра двосторонньої дії зусилля на штоці визначається за формулою [2 с. 162]:

$$W = 0,785(D^2 - d^2) \cdot p \cdot \eta \quad (2.5)$$

де D, d – діаметри циліндра і штока, мм;

p – тиск стиснутого повітря, МПа;

η – ККД пневмоциліндра $\eta = 0,9$;

1.4.4 Вимоги до оформлення таблиць

Таблиці нумеруються послідовно арабськими цифрами. Номер таблиці вказується над таблицею зліва і повинен складатися з номера лабораторної роботи та порядкового номеру таблиці в межах окремої лабораторної роботи, розділених крапкою. Наприклад: *Таблиця 2.1* (перша таблиця другої лабораторної роботи).

Кожна таблиця повинна мати заголовок. Таблицю розміщують після першого згадування про неї в такій формі, щоб її можна читати без повертання сторінки або з повертанням за годинниковою стрілкою.

Таблиця 2.1 – Морфологічна таблиця конструктивних ознак пристрою

№	Найменування ознаки	Варіанти ознаки		
		3	4	5
1	Спосіб затиску заготовки	Ручний	Пневматичний	Гідравлічний
2	Тип затискного механізму	Гвинтовий	Клиновий	Важільний
3	Спосіб базування заготовки	Нерухоме	Рухоме	

Якщо таблиця переноситься на іншу сторінку, її позначають так: *Продовження таблиці 2.1.*

Наприклад:

Продовження таблиці 2.1

1	2	3	4	5
4	Матеріал затискача	Сталь	Поліуретан	Пластмаса

На всі таблиці повинні бути посилання в тексті, при цьому слово “Таблиця” пишуть повністю, наприклад: *в таблиці 2.4.*

1.4.5 Складання переліку посилань

Посилання на літературні джерела та інформаційні ресурси наводять в кінці кожної лабораторної роботи в квадратних дужках, вказуючи порядковий номер за списком [1]. В списку кожне найменування літературного джерела записують мовою, якою воно видане, з абзацу і нумерують арабськими цифрами.

Перелік посилань слід формувати у порядку їх появи у тексті або за абеткою.

Бібліографічний опис інформаційних джерел складають відповідно до чинних стандартів з бібліотечної та видавничої справи:

- ДСТУ ГОСТ 7.1:2006 «Система стандартів з інформації, бібліотечної та видавничої справи. Бібліографічний запис. Бібліографічний опис. Загальні вимоги і правила складання»;

- ДСТУ 3582-97 «Інформація та документація. Скорочення слів в українській мові в бібліографічному описі. Загальні вимоги та правила».

Посилання на деякі основні літературні джерела рекомендовано оформлювати наступним чином:

Методичні вказівки:

Сапон С.П. Технологічне оснащення для деревообробки [Методичні рекомендації до виконання розрахунково-графічної роботи з дисципліни "Технологічне оснащення для деревообробки" для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня зі спеціальності 187 – Деревообробні та меблеві технології всіх форм навчання] / С.П.Сапон – Чернігів: ЧНТУ, 2020. – 48 с.

Книжки, навчальні посібники, підручники:

Андренко П.М. Гідравлічні пристрої мехатронних систем: навчальний посібник / П.М. Андренко. – Х. : Видавничий центр НТУ “ХП”, 2013. – 188 с.

Буренніков, Ю. А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов. –

Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с.

Основи теорії різання матеріалів: підручник [для вищ. навч. закладів] / [М.П. Мазур, Ю.М. Внуков, А.І. Грабченко, В.Л. Доброскок, В.О. Залога, Ю.К. Новосолов, Ф.Я. Якубов ; під заг. ред. М.П. Мазура.] – 3-е вид. перероб. і доп. – Львів: Новий Світ-2000, 2020. – 471 с.

Інформаційні інтернет-ресурси

Сандвик коромант [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.sandvik.coromant.com/ru-ru/pages/default.aspx>

Стандарти:

Система розроблення та поставлення продукції на виробництво. Правила виконання науково-дослідних робіт. Загальні положення: ДСТУ 3973-2000 – [Чинний від 2001-07-01]. К.: Держстандарт України, 2001. – 18 с.

Патенти:

Патент України на корисну модель 104015 UA, МПК F16C 32/06. Регульований радіальний сегментний гідростатичний підшипник / Сапон С.П., Цеков Б.В., Федориненко Д.Ю., Бойко С.В.; заявник і патентовласник Чернігівський національний технологічний університет. – № u 201506272; заявл. 25.06.2015; опубл. 12.01.2016, Бюл. № 1.

1.5 Критерії оцінки знань при виконанні лабораторних робіт

Кожна лабораторна робота виконується в обов'язку, вказаному в п.1.3 та відповідно до попередньо описаних рекомендацій щодо оформлення.

Виконання та захист кожної лабораторної роботи оцінюється за шкалою від **60 до 100 балів**. При цьому **60 балів** отримує ЗВО, який виконав індивідуальне завдання до лабораторної роботи мінімального (базового) рівня. Якщо ЗВО не виконав індивідуальне завдання до лабораторної роботи мінімального (базового) рівня, він вважається таким, що не здав лабораторну роботу і не може бути атестований з дисципліни.

Здобувач вищої освіти, який прагне отримати **понад 60 балів** за виконання лабораторної роботи самостійно (залежно від оцінки, на яку претендує) додатково обирає кількість та вид індивідуальних завдань наведених у методичних рекомендаціях до кожної з лабораторних робіт.

Своєчасність виконання кожної лабораторної роботи стимулюється за рахунок застосування коефіцієнта своєчасності $K_{СВ}$, на який множиться кількість балів, отриманих ЗВО за виконання лабораторної роботи. Значення коефіцієнта своєчасності наведено в таблиці 1.1

Таблиця 1.1 – Значення коефіцієнта своєчасності K_{CB}

Період протягом якого виконано і захищено роботу	K_{CB}
В період до наступної лабораторної роботи	1,5
Від 2 до 3 (включно) тижнів після лабораторної роботи	1,4
Від 3 до 4 (включно) тижня після лабораторної роботи	1,3
Від 4 до 5 (включно) тижня після лабораторної роботи	1,2
Від 5 до 6 (включно) тижня після лабораторної роботи	1,1
Пізніше 6 тижня, до екзаменаційної консультації (заліка)	1,0

Сумарна кількість балів, отриманих здобувачем вищої освіти за виконання лабораторних робіт визначається за формулою:

$$B_{\text{лаб}}^{\text{сум}} = \frac{\sum_{i=1}^n B_i \cdot K_{CBi}}{n} \quad (1.1)$$

де B_i – кількість балів, отриманих за виконання кожної лабораторної роботи;

i – порядковий номер лабораторної роботи;

n – кількість лабораторних робіт, що виконуються протягом семестру;

$K_{CB1} \dots K_{CBi}$ – коефіцієнти своєчасності виконання кожної лабораторної роботи.

З метою зниження негативного впливу критики на самооцінку, мотивацію здобувачів вищої освіти до навчання, самостійний пошук та формулювання власних рішень та ідей, не рекомендується виявлення викладачем помилок та недоробок в індивідуальних завданнях до лабораторних робіт. Викладач повинен вказати на наявність та характер помилок (редакційні, графічні, лінгвістичні, в розрахунках тощо), а виявлення та виправлення помилок повинен здійснювати виключно самостійно здобувач вищої освіти, при потребі з консультативною допомогою викладача. Після виправлення помилок здобувач вищої освіти повторно захищає лабораторну роботу. Лабораторна робота, що містить помилки вважається не виконаною до тих пір, поки всі помилки не будуть виправлені.

Без виконаних та своєчасно захищених лабораторних робіт здобувач вищої освіти не може бути атестований з дисципліни «Системи приводів».

2 Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт

Лабораторна робота №1. Гідравлічні насоси

Мета роботи: ознайомлення з конструкцією, принципом роботи, функціональним призначенням та експлуатаційними параметрами основних типів гідравлічних насосів.

1.1. Короткі теоретичні відомості

Гідравлічний насос - це гідравлічна машина, в якій відбувається перетворення механічної енергії привода в гідравлічну енергію перекачуваної рідини.

Класифікація гідравлічних насосів наведена на рисунку 1.1

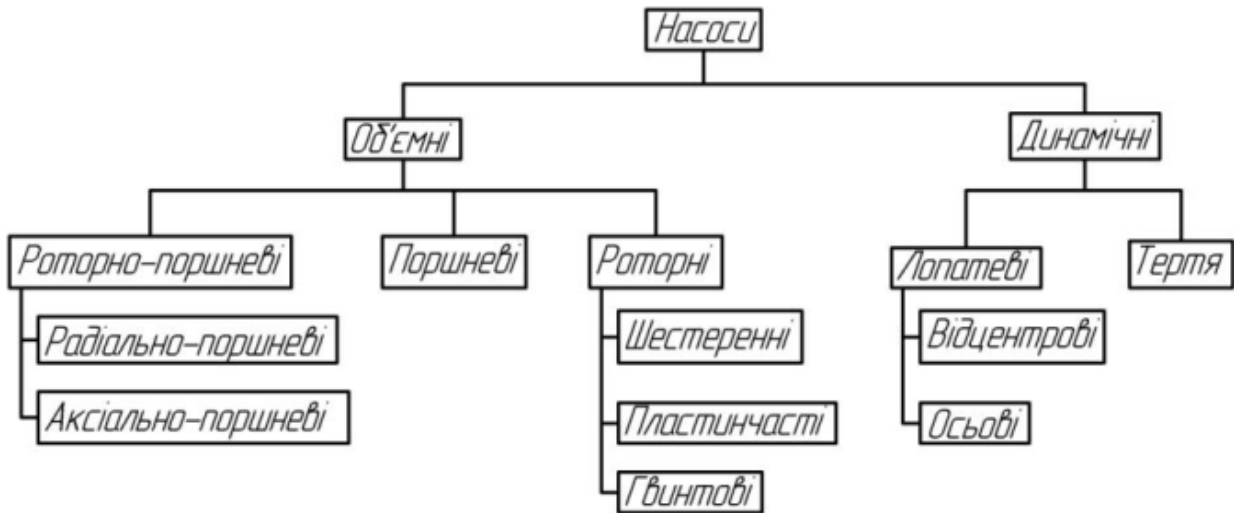


Рисунок 1.1 – Класифікація гідравлічних насосів

В об'ємних насосах робочий процес базується на попереминому заповненні робочої камери рідиною і витискуванні її за допомогою витискача. Витискачами можуть бути поршні, плунжери, шестерні, гвинти, пластини тощо.

Принцип роботи динамічних насосів полягає в тому, що енергія від робочого колеса передається рідині шляхом динамічної взаємодії лопатей колеса з рідиною, що їх обтікає.

У гідравлічних насосах поршневого типу рідина витискається з нерухомих камер у результаті зворотно-поступального руху поршня.

У роторних насосах рідина витискається з робочих камер, що переміщуються, у результаті обертального або зворотно-поступального руху витискувачів (зубців, поршнів, гвинтів, пластин).

Особливостями об'ємних насосів, що відрізняють їх від динамічних (лопатевих) є циклічність робочого процесу, самовсмоктування, мала залежність подачі насоса від створюваного ним тиску.

Основні параметри об'ємних насосів.

Робочий об'єм $V_0, м^3$, – різниця найбільшого і найменшого значень об'єму робочої камери за один оберт вала або за подвійний хід робочого органу насоса.

Подача насоса, $Q, м^3/с$, – об'єм рідини, що подається насосом за одиницю часу.

Тиск насоса $p_H, Па$, – різниця між тиском p_2 на виході з насоса і тиском p_1 на вході в нього: $p_H = p_2 - p_1$.

Потужність $N, кВт$, споживана оберտальним насосом (підведена від двигуна) є добутком крутного моменту на валу насоса M та частоти обертання вала ω : $N = M \cdot \omega$.

Корисна потужність насоса $N_K, кВт$, – потужність, яку насос передає перекачуваній рідині:

$$N_K = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H \quad (1.1)$$

де ρ – густина робочої рідини, $кг/м^3$;

g – прискорення вільного падіння, $м/с^2$;

H – напор рідини, $м$

Для насосів, у яких всмоктуючий і напірний патрубкі мають однаковий діаметр і знаходяться на одному рівні, напор можна розрахувати за спрощеною формулою:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho \cdot g}, м \quad (1.2)$$

К.к.д. насоса η – відношення корисної потужності до потужності насоса:

$$\eta = \frac{N_K}{N} \quad (1.3)$$

Детальну інформацію про будову та принцип роботи основних типів гідравлічних насосів можна віднайти в спеціалізованій літературі, на інформаційних ресурсах мережі Internet або на Youtube-каналі «Гидравліка і пневматика» https://www.youtube.com/channel/UCItKWaw_ngw5obbT3ilq_Gw.

1.2. Оснащення роботи

Відео та інші ілюстративні матеріали про гідравлічні насоси, довідкові матеріали, стандарти.

1.3. Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 5 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Вибрати гідравлічний насос певного типу.
2. Самостійно на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо вибрати гідравлічну систему, де вибраний гідравлічний насос може використовуватись.
3. Виконати описання конструкції та принципу роботи гідравлічної системи, де вибраний гідравлічний насос може використовуватись.
4. Виконати описання конструкції гідравлічного насосу.
5. Навести технічні характеристики гідравлічного насосу.
6. Виконати функціональний аналіз вибраного гідравлічного насоса.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково на вибір виконує нижченаведені індивідуальні завдання:

7. Виконати складальний кресленик вибраного гідравлічного насоса (10 балів).
8. Виконати ескіз та функціональний аналіз **однієї** оригінальної (нестандартної) деталі та її поверхонь (5 балів).
9. Виконати кресленик однієї оригінальної (нестандартної) деталі гідравлічного насоса (10 балів).
10. Систематизувати і порівняти переваги та недоліки вибраного насоса та інших насосів (5 балів за кожний насос) подібних за конструкцією та технічними характеристиками. Обов'язково навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних насосів.
11. Систематизувати і порівняти технічні характеристики вибраного насоса та інших насосів (3 бали за кожний насос) подібних за конструкцією та технічними характеристиками. Обов'язково навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних насосів.
12. Запропонувати власні технічні рішення, що підвищують ефективність вибраного гідравлічного насосу (10 балів за кожне рішення).
13. Виконати 3D модель **однієї** оригінальної (нестандартної) деталі (3 бали) (не більше 3-х деталей)

14. На ескізі гідравлічного насоса вказати та сформулювати в тексті лабораторної роботи основні норми точності, які необхідно витримати при його складанні та експлуатації (15 балів).
15. Описати в тексті лабораторної роботи та будь-яким зручним способом ілюструвати фізичні явища та закони гідравліки, на яких ґрунтується принцип роботи гідравлічного насоса. (10 балів).
16. Навести формули для визначення технічних характеристик вибраного гідравлічного насоса та графічно відобразити залежність однієї характеристики від його конструктивних параметрів та інших чинників. (2 бали за кожну формулу та графічну ілюстрацію залежності).

1.4. Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

1.5. Питання для самостійної підготовки

1. Яке типове функціональне призначення гідравлічних насосів ?
2. Назвіть основні параметри об'ємних насосів.
3. Назвіть основні функції гідравлічного насоса.
4. Назвіть допоміжні функції гідравлічного насоса.
5. Які параметри визначають ефективність гідравлічного насоса?

Лабораторна робота №2 Гідравлічна апаратура

Мета роботи: ознайомлення з конструкцією, принципом роботи та функціональним призначенням гідроапаратури гідравлічних систем.

2.1 Короткі теоретичні відомості

Гідроапаратура гідравлічних систем призначена для зміни або підтримання заданого значення параметрів потоку рідини. Основними параметрами, що потребують регулювання в гідросистемах, є *тиск, витрата робочої рідини і напрям руху*.

Таким чином, функціями гідроапаратури гідравлічних систем є:

- зміна напрямку руху рідини;
- відкриття або перекриття потоку рідини;
- зміна або підтримання на заданому рівні величини витрати рідини;
- зміна або підтримання на заданому рівні величини тиску рідини.

До гідроапаратури гідравлічних систем та приводів відносять розподільники, клапани, дросельні пристрої, фільтри, гідроаккумулятори тощо.

Для розподілення робочої рідини між елементами гідравлічних систем та приводів застосовують *розподільники*. Найбільшого поширення в об'ємних гідроприводах отримали золотникові розподільники, у яких керування рухом золотника у корпусі розподільника може бути ручним, кулачковим, електромагнітним, гідравлічним, електрогідравлічним.

Гідравлічні *клапани* тиску використовуються для регулювання, підтримки (обмеження) на заданому рівні тиску робочої рідини в гідравлічних системах шляхом зливання в бак робочої рідини при перевищенні заданої величини тиску.

Залежно від виконуваних функцій гідравлічні клапани поділяють на:

- *запобіжні* – захищають систему від підвищення тиску робочої рідини більше встановленого рівня;
- *напірні* (переливні) – підтримують заданий рівень тиску;
- *редукційні* – знижують тиск;
- *зворотні* – пропускають рідину в заданому напрямку.

Для регулювання параметрів потоку робочої рідини та керування режимами роботи гідравлічних систем та приводів часто використовують *дросельні пристрої*, які встановлюють в трубопроводі чи каналі певного гідравлічного пристрою та фактично є спеціально створеними

місцевими опорами. Спрощену схему дросельного елемента наведено на рисунку 2.1. [6]

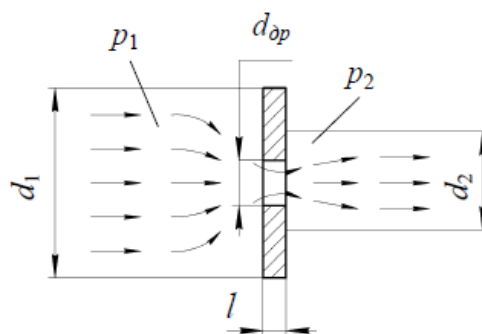


Рисунок 2.1 – Спрощена схема дросельного елемента гідравлічних систем

Гідравлічні дроселі використовують для підтримки заданої витрати робочої рідини Q в залежності від перепаду тиску Δp . За принципом дії дроселі поділяються на в'язкісні та інерційні. За конструкцією дросельні пристрої діляться на *нерегульовані*, тобто з $d_{dp} = const$, і *регульовані*, тобто зі змінною величиною площі перерізу отвору, який називається робочим вікном.

Основною характеристикою дроселів будь-якого виконання є залежність витрати робочої рідини від перепаду тиску Δp в його порожнинах.

Обов'язковою деталлю кожного гідроапарата є *запірно - регульований елемент*, при переміщенні якого частково або повністю перекривається потік рідини. Розрізняють три види запірних елементів: *золотник, кран і клапан*.

Якщо апарат змінює параметри потоку рідини під дією часткового відкриття або закриття прохідного перерізу, то він називається *регульованим*.

У гідроапаратах *клапанної дії* величина відкриття прохідного перерізу (робочого отвору) змінюється під дією потоку рідини.

В апаратах *неклапанної дії* (розподільники, дроселі) для зміни прохідного перерізу потрібно застосовувати зовнішню дію (перемістити золотник, повернути кран). [7]

Чистота робочої рідини в гідросистемах значно підвищує надійність та довговічність гідроприводів. Очищення робочої рідини забезпечують за допомогою фільтрів.

Фільтром називається гідроапарат для видалення з робочої рідини *механічних частин*. У основу методу фільтрування покладено процес, при якому рідину пропускають через пористе середовище, поверхню з отворами (сітку) або спеціальні щілини, в яких затримуються механічні частини.

Залежно від типу фільтрувального елемента фільтри поділяють на *сітчасті, пористі і щілинні*. Для вилучення з рідини *феромагнітних частин*

застосовують *магнітні* фільтри. В магнітних фільтрах фільтроелементом є пакет намагнічених решіток або пластин, які притягують до себе частинки, що знаходяться в рідині. [7]

Для збереження запасу робочої рідини, осідання забруднень, охолодження робочої рідини та видалення з неї пухирців повітря призначені *гідравлічні баки*.

Гідравлічні акумулятори використовують для накопичення (акумулювання) в гідросистемі енергії стисненої рідини з наступним її поверненням (при певних режимах роботи) у гідросистему.

Більш детальну інформацію про будову та принцип роботи основних елементів гідроапаратури гідравлічних систем можна знайти в спеціалізованій літературі, на інформаційних ресурсах мережі Internet або на Youtube-каналі «Гідравліка і пневматика» https://www.youtube.com/channel/UCItKWaw_ngw5obbT3ilq_Gw.

2.2 Оснащення роботи

Відео та інші ілюстративні матеріали про гідравлічну апаратуру гідравлічних систем і приводів, довідкові матеріали, стандарти.

2.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 6 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Вибрати будь-який елемент гідравлічної апаратури.
2. Самостійно на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо вибрати гідравлічну систему, де вибраний елемент гідравлічної апаратури може використовуватись.
3. Виконати описання конструкції та принципу роботи гідравлічної системи, де вибраний елемент гідравлічної апаратури може використовуватись.
4. Виконати описання конструкції вибраного елемента гідравлічної апаратури.
5. Навести технічні характеристики вибраного елемента гідравлічної апаратури.
6. Виконати функціональний аналіз вибраного елемента гідравлічної апаратури.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково на вибір виконує нижченаведені індивідуальні завдання:

7. Додатково вибрати один елемент гідравлічної апаратури іншого призначення та виконати описання його конструкції (5 балів).
8. Виконати функціональний аналіз додатково вибраного елемента гідравлічної апаратури (5 балів).
9. Виконати складальний кресленик одного елемента гідравлічної апаратури (10 балів).
10. Виконати ескіз та функціональний аналіз **однієї** оригінальної (нестандартної) деталі та її поверхонь (5 балів).
11. Виконати кресленик однієї оригінальної (нестандартної) деталі елемента гідравлічної апаратури (10 балів).
12. Навести формули для визначення технічних характеристик вибраного елемента гідравлічної апаратури та графічно відобразити залежність однієї характеристики від його конструктивних параметрів та інших чинників. (2 бали за кожен формулу та графічну ілюстрацію залежності).
13. Систематизувати і порівняти переваги та недоліки вибраного елемента гідравлічної апаратури та інших аналогічних за призначенням та технічними характеристиками. Обов'язково навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних елементів гідравлічної апаратури (5 балів за кожний елемент)
14. Систематизувати і порівняти технічні характеристики вибраного елемента гідравлічної апаратури та інших аналогічних за призначенням та технічними характеристиками. Обов'язково навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних елементів гідравлічної апаратури (3 бали за кожний елемент).
15. На ескізі елемента гідравлічної апаратури вказати та сформулювати в тексті лабораторної роботи основні норми точності, які необхідно витримати при його складанні та експлуатації (15 балів).
16. Описати в тексті лабораторної роботи та будь-яким зручним способом ілюструвати фізичні явища та закони гідравліки, на яких ґрунтується принцип роботи елемента гідравлічної апаратури. (10 балів).

2.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

2.5 Питання для самостійної підготовки

1. Яке функціональне призначення розподільних пристроїв гідравлічних систем?
2. Коли у гідроприводах застосовують золотникові, кранові або клапанні розподільники рідини?
3. Від чого залежать втрати тиску в гідравлічній апаратурі?
4. Які типи клапанів існують?
5. Для чого в гідроприводах застосовують дроселі?
6. Від чого залежать місцеві гідравлічні втрати в дроселях?
7. Коли в системах гідроприводів застосовують дроселі, коли регулятори потоку?
8. Які функції в гідроагрегаті виконує гідравлічний дросель?
9. Яка різниця між нерегульованими та регульованими дроселями?
10. Які функції виконують клапани в об'ємних гідроагрегатах?
11. Яка різниця між клапанами прямої та непрямої дії?
12. Для чого і у яких місцях у гідроприводі встановлюють фільтри?

Лабораторна робота №3 Гідравлічні двигуни

Мета роботи: ознайомлення з конструкцією, принципом роботи, функціональним призначенням та експлуатаційними параметрами гідравлічних двигунів.

3.1 Короткі теоретичні відомості

Гідравлічні двигуни перетворюють енергію потоку рідини (потенційну або кінетичну) у механічну роботу вихідної ланки.

Гідравлічні двигуни залежно від того, яку енергію потоку рідини (потенційну або кінетичну) вони перетворюють у механічну роботу вихідної ланки, підрозділяють на об'ємні та лопатеві (динамічні).

Залежно від характеру руху вихідної ланки гідродвигуни поділяють на три класи: *гідроциліндри, гідромотори і поворотні гідродвигуни*.

Об'ємні гідравлічні двигуни з обмеженим ходом – *гідроциліндри*. Вони є зазвичай виконавчими елементами механізмів та здійснюють зворотно-поступальний або зворотно-поворотний рух. У гідроциліндрів прямолінійної дії вихідною ланкою є шток, який виконує зворотно-поступальний рух.

Залежно від конструкції робочої камери гідроциліндри поділяють на *поршневі, плунжерні і телескопічні*. Поршневі гідроциліндри є найбільш поширеними.

Основні конструктивні схеми гідроциліндрів: *одно- і двосторонньої дії; з одно- і двостороннім штоком*.

У гідроциліндрах односторонньої дії рух вихідної ланки під дією потоку робочої рідини здійснюється лише в одному напрямку, в *гідроциліндрах двосторонньої дії* – в обох напрямках. Крім того, гідроциліндри виконують з *одностороннім або двостороннім штоком*. Переважно застосовують гідроциліндри двосторонньої дії з одностороннім штоком.

Основні *технічні параметри* гідроциліндрів: витрата Q , тиск p , потужність N , к.к.д. η , зусилля на вихідній ланці F , швидкість руху поршня V_n , а також діаметри поршня D , штока d і хід поршня h .

У *поворотних гідродвигунах* – вихідною ланкою є вал, що має обмежений обертальний рух. Кут його повороту менший 360° .

Об'ємні гідравлічні двигуни з необмеженим ходом (обертіві) називають *гідродвигунами*. У гідродвигунах вихідна ланка – це вал, що здійснює необмежений обертальний рух.

Гідродвигуни можуть бути *регульованими* і *нерегульованими*. У першому випадку в системі передбачено пристрій для зміни швидкості вихідного органу; у другому такий пристрій відсутній.

Гідравлічні двигуни за своїм призначенням протилежні насосам. Суттєвих відмінностей у конструкціях гідравлічних об'ємних насосів та гідродвигунів не існує. В деяких випадках вони можуть бути абсолютно однаковими, оскільки насоси і гідродвигуни складають групу гідромашин, які можуть перетворюватись одна в іншу. Якщо на вал гідромашини подати потік механічної енергії, то вона буде працювати в режимі насоса і навпаки, якщо на гідравлічний вхід (вихід) гідромашини подати потік гідравлічної енергії, то гідромашини буде працювати в режимі гідродвигуна. Наприклад, шестеренний насос без будь-яких переробок може працювати як гідродвигун.

Поршневий насос може працювати як гідродвигун тільки за умови заміни самодіючих клапанів золотниками, що примусово відкриваються та закриваються, або кранами.

Регулювання швидкості переміщення поршня гідроциліндра або швидкості обертання вала гідродвигуна в основному регулюється двома способами:

- регулюванням тиску робочої рідини
- зміною витрати робочої рідини.

Регулювання тиску, здійснюється регульованими клапанами тиску, які встановлюються зазвичай на вході в гідравлічний двигун. Оскільки швидкість переміщення поршня залежить від сили F , прикладеної до поршня внаслідок дії тиску рідини p :

$$F = p \cdot S, N \quad (3.1)$$

де S – площа поршня гідроциліндра, мм^2 .

Отже, змінюючи тиск шляхом регулювання подачі, можна плавно змінювати швидкість переміщення поршня гідроциліндра без значних витрат енергії.

Проте слід мати на увазі, що тиск не може не залежати від відповідної витрати робочої рідини. Зв'язок між потрібним тиском і потрібною витратою в будь-якому випадку завжди існує при регулюванні швидкості і по витраті і по тиску. Тому, говорячи про спосіб регулювання швидкості, маємо на увазі спосіб зміни тиску або витрати безпосередньо відповідним регулюючим елементом гідравлічної апаратури.

Спосіб регулювання швидкості переміщення робочого органа гідравлічного двигуна по витраті здійснюється шляхом установки дроселя та

перепускання робочої рідини крізь переливний клапан при незмінній подачі насоса (дросельне регулювання).

Таке регулювання більш зручне, але пов'язане із втратою потужності та нагріванням рідини. Воно також менш економічне, ніж регулювання тиском.

Детальну інформацію про будову та принцип роботи основних типів гідравлічних насосів можна віднайти в спеціалізованій літературі, на інформаційних ресурсах мережі Internet або на Youtube-каналі «Гидравліка і пневматика» https://www.youtube.com/channel/UCItKWaw_ngw5obbT3ilq_Gw.

3.2 Оснащення роботи

Відео та інші ілюстративні матеріали про гідравлічні насоси, довідкові матеріали, стандарти.

3.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 6 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Вибрати гідравлічний двигун певного типу.
2. Самостійно на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо вибрати гідравлічну систему, де вибраний гідравлічний двигун може використовуватись.
3. Виконати описання конструкції та принципу роботи гідравлічної системи, де вибраний гідравлічний двигун може використовуватись.
4. Виконати описання конструкції гідравлічного двигуна.
5. Навести технічні характеристики гідравлічного двигуна.
6. Виконати функціональний аналіз вибраного гідравлічного двигуна.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково на вибір виконує нижченаведені індивідуальні завдання:

7. Навести формули для визначення технічних характеристик обраного гідравлічного двигуна та графічно відобразити залежність однієї характеристики від конструктивних параметрів гідравлічного двигуна та інших складових. (2 бали за кожну формулу та графічну ілюстрацію залежності).
8. Виконати складальний кресленик вибраного гідравлічного двигуна (10 балів).

9. Виконати ескіз з позначенням поверхонь та функціональний аналіз **однієї** оригінальної (нестандартної) деталі гідравлічного двигуна та її поверхонь (5 балів).
10. Виконати кресленик однієї оригінальної (нестандартної) деталі гідравлічного двигуна (10 балів).
11. Систематизувати і порівняти переваги та недоліки вибраного двигуна та інших двигунів (5 балів за кожний двигун) подібних за конструкцією та технічними характеристиками. Обов'язково навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних гідравлічних двигунів.
12. Систематизувати і порівняти технічні характеристики вибраного двигуна та інших двигунів (3 бали за кожний двигун) подібних за конструкцією та технічними характеристиками. Обов'язково навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних гідравлічних двигунів.
13. Запропонувати власні технічні рішення, що підвищують ефективність вибраного гідравлічного двигуна (10 балів за кожне рішення).
14. Виконати 3D модель **однієї** оригінальної (нестандартної) деталі гідравлічного двигуна (3 бали) (не більше 3-х деталей).
15. На ескізі гідравлічного двигуна вказати та сформулювати в тексті лабораторної роботи основні норми точності, які необхідно витримати при його складанні та експлуатації (15 балів).
16. Описати в тексті лабораторної роботи та будь-яким зручним способом ілюструвати фізичні явища та закони гідравліки, на яких ґрунтується принцип роботи гідравлічного двигуна. (10 балів).

3.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує ЗВО за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

3.5 Питання для самостійної підготовки

1. В чому полягає принцип дії гідравлічних двигунів?
2. Як класифікують гідравлічні двигуни?

3. Де застосовують гідроциліндри з одностороннім та двостороннім штоком?
4. У якому напрямку поршень буде рухатися швидше і чому, якщо однакові витрати робочої рідини будуть подаватися в штокову і поршневу порожнину гідроциліндра?
5. Якими способами можна регулювати частоту обертання гідродвигунів?
6. Яке типове функціональне призначення гідравлічних двигунів ?
7. Назвіть основні технічні характеристики гідравлічних двигунів.
8. Назвіть основні функції гідравлічного двигуна.
9. Назвіть допоміжні функції гідравлічного двигуна.

Лабораторна робота №4. Компресори

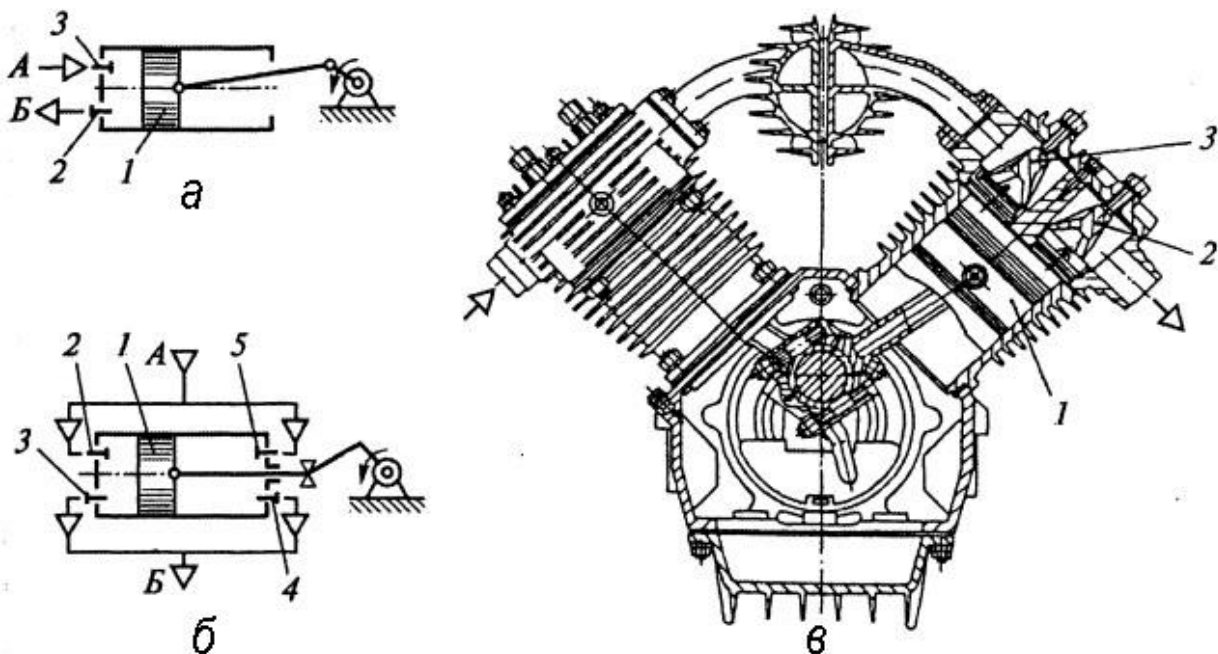
Мета роботи: ознайомлення з конструкцією, принципом роботи, функціональним призначенням та експлуатаційними параметрами компресорів.

4.1 Короткі теоретичні відомості

Для живлення стисненим повітрям пневматичних систем використовують *компресори*, які виробляють стиснуте повітря під тиском 0,4...0,8МПа, в більш рідких випадках до 1...1,6МПа.

За принципом роботи розрізняють компресори поршневі, пластинчасті, мембранні, гвинтові, турбінні, осьові. За принципом дії вони аналогічні відповідним насосам. Найбільш широко застосовують поршневі і пластинчасті компресори. Поршневі компресори можуть бути одноступінчастої та багатоступінчастої дії, коли повітря проходить кілька ступенів стискання.

Принцип дії поршневого компресора відповідає роботі поршневого насоса кулачкового ексцентрикового типу (рис. 4.1, а). При переміщенні поршня 1 вправо в лівій порожнини циліндра створюється розрідження. При цьому клапан 2 закритий, а клапан 3 відкривається і пропускає повітря з всмоктувального патрубку А в циліндр. При зворотному переміщенні поршня 1 починається стискання повітря. Клапан 3 закривається, а клапан 2 відкривається і пропускає повітря в пневмосистему по каналу Б.



1 – поршень, 2, 3, 4, 5 – клапани

Рисунок 4.1 – До опису принципу роботи поршневого компресора одинарної а) та подвійної дії б)

Часто компресори поршневого типу можуть бути подвійної дії, коли для отримання стисненого повітря використовуються обидві порожнини циліндра (рис. 4.1, б). При переміщенні поршня 1 вправо в лівій порожнині циліндра відбувається такт всмоктування повітря через клапан 2, а в правій - стиснення з випуском повітря через клапан нагнітання 4. При переміщенні поршня вліво, в лівій порожнині здійснюється стиснення повітря і випуск його через клапан нагнітання 1, а в правій порожнині - всмоктування повітря через клапан 5. Таким чином, при роботі компресора за цією схемою за один робочий хід відбуваються два такти нагнітання і всмоктування.

Для отримання високого тиску стисненого повітря (понад 1 МПа) можуть використовуватися компресори багатоступінчастої дії. На рис. 4.1, в, представлений поршневий компресор двоступінчастої дії. У лівому циліндрі відбувається попереднє стиснення повітря, який витісняється на вхід правого циліндра. При переміщенні поршня 1 вниз стиснене на першій ступені повітря проходить в порожнину циліндра через всмоктуючий клапан 3. При зворотному переміщенні здійснюється додаткове (вторинне) стиснення повітря і його випуск в пневмосистему через нагнітальний клапан 2.

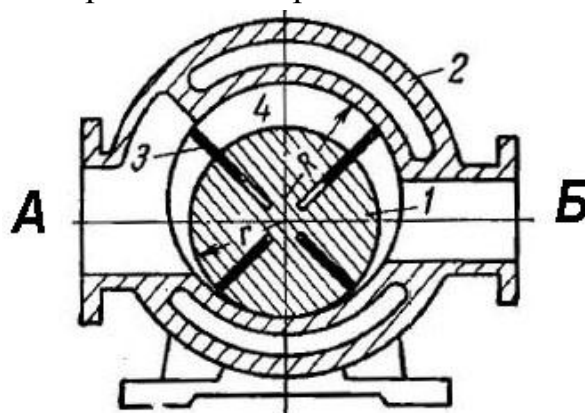
На відміну від гвинтових компресорів, в яких повітря надходить рівномірно, подача повітря в поршневий компресор здійснюється імпульсно, що призводить до вібрації і додаткового шуму. Однак, поршневий компресор більш компактний в розмірах. До того ж вони дешевші своїх гвинтових аналогів в 5-6 разів.

Завдяки регулятору тиску поршневий компресор легко налаштовується під необхідний режим роботи з пневмоінструментом, створюючи достатній повітряний потік.

Поршневий компресор поділяють на масляні і безмасляні. У картері перших заливається мастило, яке розподіляється обертовим колінчастим валом, безмасляні ж не вимагають дозаправки мастилом і можуть працювати не тільки в горизонтальному положенні, але і під нахилом. Однак, не дивлячись на свої переваги, безмасляні компресори мають і ряд недоліків, серед яких: менший термін служби, необхідність здійснювати перерви в роботі, мала продуктивність. Масляні компресори мають високу надійність, високу продуктивність, простоту конструкції, завдяки чому максимально ремонтпридатні. До того ж, такий недолік, як вміст домішок мастила в стисненому повітрі на виході при підключенні пневмоінструменту недоліком бути перестає. Навпаки, пневмосистема потребує додаткового мащення, для

чого в неї включаються лубрикатор (маслорозпилювач), який збагачує повітряний потік мастилом і дозволяє продовжити термін служби окремих елементів системи.

Для великих об'ємів стисненого повітря застосовують інші типи компресорів, в тому числі і пластинчасті (рис. 4.2). Принцип його дії аналогічний роботі пластинчастого насоса. При обертанні ексцентрично розташованого в статорі 2 ротора 1 за годинниковою стрілкою усмоктуване по каналу А повітря заповнює серповидні порожнини 4, розділені на окремі камери пластинами 3, ротором 1, статором 2 і торцевими кришками і переноситься на вихід Б, пройшовши такт стиснення при зменшенні зазначеного обсягу в правій половині статора 2. При обертанні ротора пластини 3 під дією відцентрових сили притискаються до стінок статора.



1 – ротор, 2 – статор, 3 – пластина, 4 – порожнина

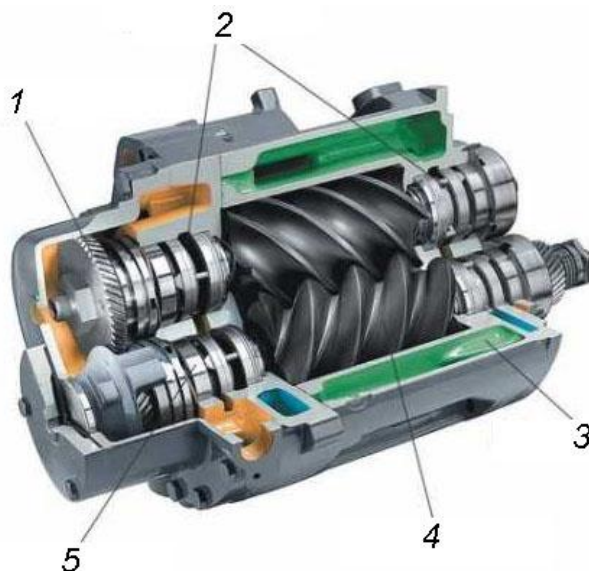
Рисунок 4.2 – До описання принципу роботи роторно-пластинчастого компресора

При такій схемі компресора, завдяки хорошій врівноваженості рухомих мас, ротору можна надати високої частоти обертання і з'єднати компресор безпосередньо з електричним двигуном.

При роботі пластинчастого компресора виділяється велика кількість тепла внаслідок механічного тертя. Тому при ступенях підвищення тиску вище 1,5 корпус компресора виконують з водяним охолодженням. Пластинчасті компресори можуть виконуватися для відсмоктування газів і парів з просторів з тиском, меншим атмосферного. У таких випадках компресор працює як вакуум-насос. Вакуум, що створюється пластинчастими вакуум-насосами, досягає 95%.

Основними робочими деталями гвинтового компресора (рис.4.3) є гвинти спеціального профілю. Взаємне розташування гвинтів визначається синхронізуючими шестернями 1, встановленими на кінцях валів. Зазор в зачепленні синхронізуючих шестерень менше, ніж у гвинтовій парі 4.

Завдяки цьому механічне тертя у останніх виключено. Гвинт із западинами є замикаючим розподільним органом, тому потужність, що передається синхронізуючими шестернями невелика, а отже, незначним є їх спрацювання. Це дуже важливо для збереження достатніх зазорів у гвинтовій парі.



1 – синхронізуючі шестерні, 2 – ущільнення вала, 3 – контур охолодження, 4 – гвинтова пара, 5 – антифрикційні підшипники

Рисунок 4.3 – До опису конструкції гвинтового компресора

Принцип роботи гвинтового компресора схожий з роботою гвинтового насоса і полягає в наступному. Коли обертаються гвинти 4, внаслідок періодичного попадання вершин гвинтів у западини послідовно здійснюються процеси всмоктування, стиснення і нагнітання. Гвинтові компресори виконуються з водяним охолодженням корпусу і внутрішнім охолодженням гвинтів.

При роботі компресорів відбувається значне нагрівання стисненого повітря (до 100 ° С) і виникають коливання тиску, особливо при роботі широко використовуваного в машинобудівних пневмоприводах поршневого компресора. У такому вигляді стиснене повітря подавати до виконавчих органів пневмосистем не можна. Тому перед подачею стисненого повітря його необхідно підготувати. Така підготовка полягає в зменшенні коливань тиску, зниженні температури, осушенні та фільтруванні стисненого повітря. Для цієї мети застосовуються вузли (блоки) підготовки стисненого повітря, що включають в себе комплекс пневматичної апаратури, яка забезпечує виконання зазначених вимог.

Більш детальну інформацію про будову та принцип роботи основних типів компресорів можна віднайти в спеціалізованій літературі, на

інформаційних ресурсах мережі Internet або на Youtube-каналі «Гідравліка і пневматика» https://www.youtube.com/channel/UCItKWaw_ngw5obbT3ilq_Gw.

4.2 Оснащення роботи

Відео та інші ілюстративні матеріали про компресори, довідкові матеріали, стандарти.

4.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 6 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Вибрати компресор певного типу.
2. Самостійно на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо вибрати пневматичну систему, де вибраний компресор може використовуватись.
3. Виконати описання конструкції та принципу роботи пневматичної системи, де вибраний компресор може використовуватись.
4. Виконати описання конструкції компресора.
5. Навести технічні характеристики компресора.
6. Виконати функціональний аналіз вибраного компресора.

Для отримання за виконання лабораторної роботи понад 60 балів, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково на вибір виконує нижченаведені індивідуальні завдання:

7. Виконати складальний кресленик вибраного компресора (10 балів).
8. Виконати ескіз та функціональний аналіз **однієї** оригінальної (нестандартної) деталі та її поверхонь (5 балів).
9. Виконати кресленик однієї оригінальної (нестандартної) деталі компресора (10 балів).
10. Систематизувати і порівняти переваги та недоліки вибраного компресора та інших компресорів (5 балів за кожний компресор) подібних за конструкцією та технічними характеристиками. Обов'язково навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних компресорів.
11. Систематизувати і порівняти технічні характеристики вибраного компресора та інших компресорів (3 бали за кожний компресор) подібних за конструкцією та технічними характеристиками.

Обов'язково навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних компресорів.

12. Запропонувати власні технічні рішення, що підвищують ефективність вибраного компресора (10 балів за кожне рішення).
13. Виконати 3D модель **однієї** оригінальної (нестандартної) деталі компресора (3 бали) (не більше 3-х деталей)
14. На ескізі компресора вказати та сформулювати в тексті лабораторної роботи основні норми точності, які необхідно витримати при його складанні та експлуатації (15 балів).
15. Описати в тексті лабораторної роботи та будь-яким зручним способом ілюструвати фізичні явища та закони, на яких ґрунтується принцип роботи компресора. (10 балів).
16. Навести формули для визначення технічних характеристик вибраного компресора та графічно відобразити залежність однієї характеристики від його конструктивних параметрів та інших чинників. (2 бали за кожну формулу та графічну ілюстрацію залежності).

4.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

4.5 Питання для самостійної підготовки

1. Яке типове функціональне призначення компресорів ?
2. Які існують основні типи компресорів?
3. Назвіть основні функції компресорів.
4. Назвіть допоміжні функції компресора.
5. Які параметри визначають ефективність компресора?
6. Для чого необхідна підготовка стисненого повітря.

Лабораторна робота №5 Пневматична апаратура

Мета роботи: ознайомлення з конструкцією, принципом роботи та функціональним призначенням апаратури пневматичних систем.

5.1 Короткі теоретичні відомості

Пневмоапаратура пневматичних систем призначена для підготовки, управління тиском і витратою стиснутого повітря.

Таким чином, функціями пневмоапаратури пневматичних систем є:

- підготовка стиснутого повітря для подачі його в пневматичну систему;
- відкриття або перекриття потоку стиснутого повітря;
- зміна напрямку руху стиснутого повітря;
- регулювання величини тиску стиснутого повітря;
- регулювання величини витрати стиснутого повітря.

Залежно від призначення пневмоапаратура поділяється на такі категорії:

- фільтри стиснутого повітря;
- розподільники: інформаційні (вхідні) пристрої, логіко-обчислювальні пристрої та підсилювачі потужності;
- зворотні клапани;
- регулятори тиску;
- регулятори витрати;
- клапани тиску;
- запірні вентиля.

Фільтри призначені для видалення зі стисненого повітря твердих включень, а також конденсату. Існують фільтри-вологовідділювачі з регулятором тиску та просто фільтри-вологовідділювачі.

Фільтри-регулятори призначені для очищення стисненого повітря від краплинної вологи і твердих частинок, видалення конденсату і автоматичної підтримки величини тиску на заданому рівні в пневматичних системах.

Фільтр-вологовідділювач здійснює очищення стисненого повітря в пневмосистемі від твердих частинок (іржі, окалини і бруду), крапельної вологи, конденсату і мастила.

Маслорозпилювачі призначені для збагачення повітря дозованою кількістю мастила, у випадку якщо це необхідно для функціонування пневматичної установки.

Регулятор тиску призначений для підтримки робочого тиску в системі (вихідного тиску) незалежно від коливань тиску в лінії живлення (вхідного тиску) і витрати повітря, що споживається системою.

Розподільник управляє процесом проходження пневматичного сигналу тиску або витрати повітря. Він замикає, відкриває або змінює напрямок руху стисненого повітря.

Пневморозподільники залежно від кількості магістралей (вхідних і відвідних) можуть бути двоканальними, трьохканальними, чотирьоканальними, п'ятиканальним і т.д. Кількість ліній вказується в чисельнику дробного цифрового позначення розподільника.

За кількістю позицій перемикаання розподільники бувають 2-позиційні, 3-позиційні і т.д.

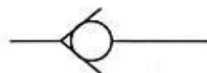
За способом повернення в початкове положення: з пружинним поверненням, з поверненням за допомогою тиску. У першому випадку повернення розподільного елемента здійснюється механічною або пневматичною пружиною (автоматично відібране повітря подається з магістралі по каналу розподільника). У випадку з двостороннім керуванням на пневморозподільник подається два керуючі сигнали.

За способом управління розподільники розрізняють: з ручним керуванням, з механічним управлінням, з пневматичним управлінням, з електронним управлінням (електромеханічне, електропневматичне).

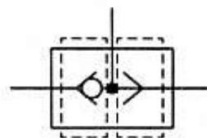
Зворотний клапан забезпечує проходження повітря тільки в одному напрямку. Зворотний клапан як базовий елемент використовується і в інших типах пневматичних клапанів, схеми яких представлені на рисунку 5.1.

Клапани швидкого вихлопу призначені для прискорення руху поршня пневмоциліндра. Прискорення досягається завдяки скиданню повітря в атмосферу через клапан швидкого вихлопу, встановлений безпосередньо поруч з циліндром, а не через вихлопні отвори пневматичного розподільника.

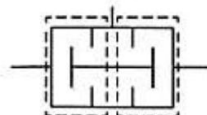
Зворотний клапан



Перекидний клапан «ИЛИ»-елемент



Клапан двох тисків «И»-елемент



Клапан швидкого вихлопу

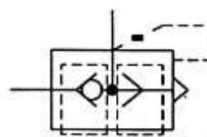


Рисунок 5.1 – Схема зворотного клапана та інших клапанів, побудованих на його основі

Регулятор витрати або *дросель* замикає або дроселює потік стиснутого повітря і тим самим керує його витратою. В ідеальному випадку можна регулювати дросель безступінчато: від повного відкриття до повного закриття. Дросель повинен встановлюватися, по можливості, в безпосередній близькості від виконавчого пристрою і регулюватися в міру необхідності в ході експлуатації. Якщо паралельно з дроселем включити зворотний клапан (рисунок 5.2), тоді в одному з напрямків буде обмежуватися витрата повітря, а в протилежному напрямку витрата буде максимальною.

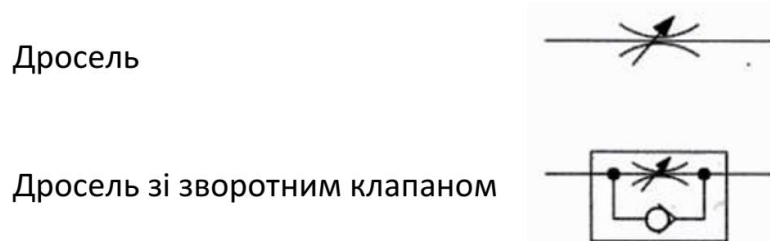


Рисунок 5.2 – Схеми дроселів

За функціональним призначенням *клапани тиску* в пневматичних системах розрізняють трьох типів:

- запобіжні клапани,
- редуційні клапани,
- клапани послідовності тиску (реле тиску).

Запобіжні клапани тиску встановлюються в напірній магістралі компресора, забезпечуючи безпеку його роботи. При цьому на заданому рівні безпеки обмежується тиск в акумуляторі стисненого повітря і підтримується необхідна величина тиску, що подається в пневмосистему.

Редуційний клапан підтримує на постійному рівні тиск, що подається в пневмосистему незалежно від коливання тиску в мережі, тобто в напірній магістралі компресора.

Клапан послідовності (реле тиску) формує релейний сигнал на своєму виході, якщо тиск на його вході досягає певного рівня (рівня тиску настройки).

При поєднанні різних елементів пневматичних систем можна отримати пристрої з новими функціями управління. Наприклад клапан витримки часу (рисунок 5.3) скомбінований з дроселя зі зворотним клапаном, пневмоакумулятора і 3/2-розподільника. Він дозволяє реалізувати функцію витримки часу (реле часу).

Залежно від настройки дросельного гвинта в ємність надходить більший або менший обсяг повітря. Після досягнення необхідного тиску

спрацьовування 3/2-розподільник включається на прохід повітря. Він залишається в цьому положенні до тих пір, поки діє сигнал управління.

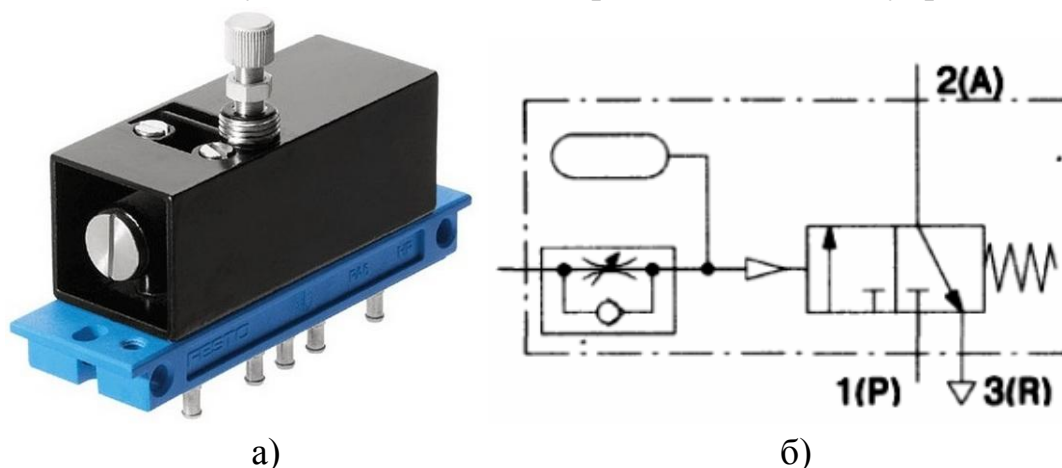


Рисунок 5.3 – Загальний вигляд а) та принципова схема б) клапана витримки часу

Пневматичні акумулятори використовують для накопичення (акумуляції) стисненого повітря з наступним його поверненням в пневматичну систему.

Пневмоглушители призначені для зниження рівня шуму стисненого повітря при його скиданні в атмосферу, а також захисту механізмів від попадання бруду і пилу. Встановлюються на вихлопні отвори розподільників повітря і пневматичних клапанів.

Більш детальну інформацію про будову та принцип роботи основних елементів апаратури пневматичних систем можна знайти в спеціалізованій літературі, на інформаційних ресурсах мережі Internet або на Youtube-каналі «Гидравліка і пневматика» https://www.youtube.com/channel/UCItKWaw_ngw5obbT3ilq_Gw.

5.2 Оснащення роботи

Відео та інші ілюстративні матеріали про запорно-регулюючу апаратуру пневматичних систем, довідкові матеріали, стандарти.

5.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 6 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Вибрати будь-який елемент пневматичної апаратури.
2. Самостійно на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних

ресурсів мережі Internet тощо вибрати пневматичну систему, де вибраний елемент пневматичної апаратури може використовуватись.

3. Виконати описання конструкції та принципу роботи пневматичної системи, де вибраний елемент пневматичної апаратури може використовуватись.
4. Виконати описання конструкції вибраного елемента пневматичної апаратури.
5. Навести технічні характеристики вибраного елемента пневматичної апаратури.
6. Виконати функціональний аналіз вибраного елемента пневматичної апаратури.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково на вибір виконує нижченаведені індивідуальні завдання:

7. Додатково вибрати один елемент пневматичної апаратури іншого призначення та виконати описання його конструкції (5 балів).
8. Виконати функціональний аналіз додатково вибраного елемента пневматичної апаратури (5 балів).
9. Виконати складальний кресленик одного елемента пневматичної апаратури (10 балів).
10. Виконати ескіз та функціональний аналіз **однієї** оригінальної (нестандартної) деталі та її поверхонь (5 балів).
11. Виконати кресленик однієї оригінальної (нестандартної) деталі елемента пневматичної апаратури (10 балів).
12. Навести формули для визначення технічних характеристик вибраного елемента пневматичної апаратури та графічно відобразити залежність однієї характеристики від його конструктивних параметрів та інших чинників. (2 бали за кожен формулу та графічну ілюстрацію залежності).
13. Систематизувати і порівняти переваги та недоліки вибраного елемента пневматичної апаратури та інших аналогічних за призначенням та технічними характеристиками. Обов'язково навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних елементів пневматичної апаратури (5 балів за кожний елемент)
14. Систематизувати і порівняти технічні характеристики вибраного елемента пневматичної апаратури та інших аналогічних за призначенням та технічними характеристиками. Обов'язково навести

ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних елементів пневматичної апаратури (3 бали за кожний елемент).

15. На ескізі елемента пневматичної апаратури вказати та сформулювати в тексті лабораторної роботи основні норми точності, які необхідно витримати при його складанні та експлуатації (15 балів).
16. Описати в тексті лабораторної роботи та будь-яким зручним способом ілюструвати фізичні явища та закони, на яких ґрунтується принцип роботи елемента пневматичної апаратури. (10 балів).

5.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує здобувач вищої освіти за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

5.5 Питання для самостійної підготовки

1. Для чого використовують фільтри в пневматичних системах?
2. Яке призначення регуляторів тиску в пневматичних системах?
3. Яке функціональне призначення пневматичних розподільників?
4. Які типи клапанів застосовують в пневматичних системах?
5. Які функції виконують клапани в пневматичних системах?
6. Для чого в пневмоприводах застосовують дроселі?
7. Які функції виконує реле тиску?
8. Яке призначення пневмоаккумуляторів?
9. Для чого і у яких місцях у пневматичних системах встановлюють пневматичні глушители?

Лабораторна робота №6 Пневматичні двигуни

Мета роботи: ознайомлення з конструкцією, принципом роботи, функціональним призначенням та експлуатаційними параметрами пневматичних двигунів.

6.1 Короткі теоретичні відомості

У *пневмодвигунах* енергія стисненого повітря перетворюється в енергію руху вихідної ланки. За аналогією з гідроприводом пневмодвигуни поділяють на пневмоциліндри, пневмомотори і поворотні двигуни (зворотно-поступального руху, обертального і обертального з обмеженим кутом повороту вала).

Пневматичні двигуни за кінематичними особливостями поділяють на:

- двигуни з поступальним рухом вихідної ланки (лінійні приводи);
- поворотні двигуни з обмеженим кутом повороту вихідної ланки;
- двигуни з необмеженим обертальним рухом вихідної ланки (пневмомотори).

Ряд конструкцій пневмодвигунів (пневмоциліндри, поворотні пневмодвигуни, пневмомотори) за будовою і принципом дії аналогічні відповідним гідроагрегатам.

Пневмодвигуни з *поступальним рухом* вихідної ланки поділяють на поршневі, мембранні, сильфонні, камерні та шлангові.

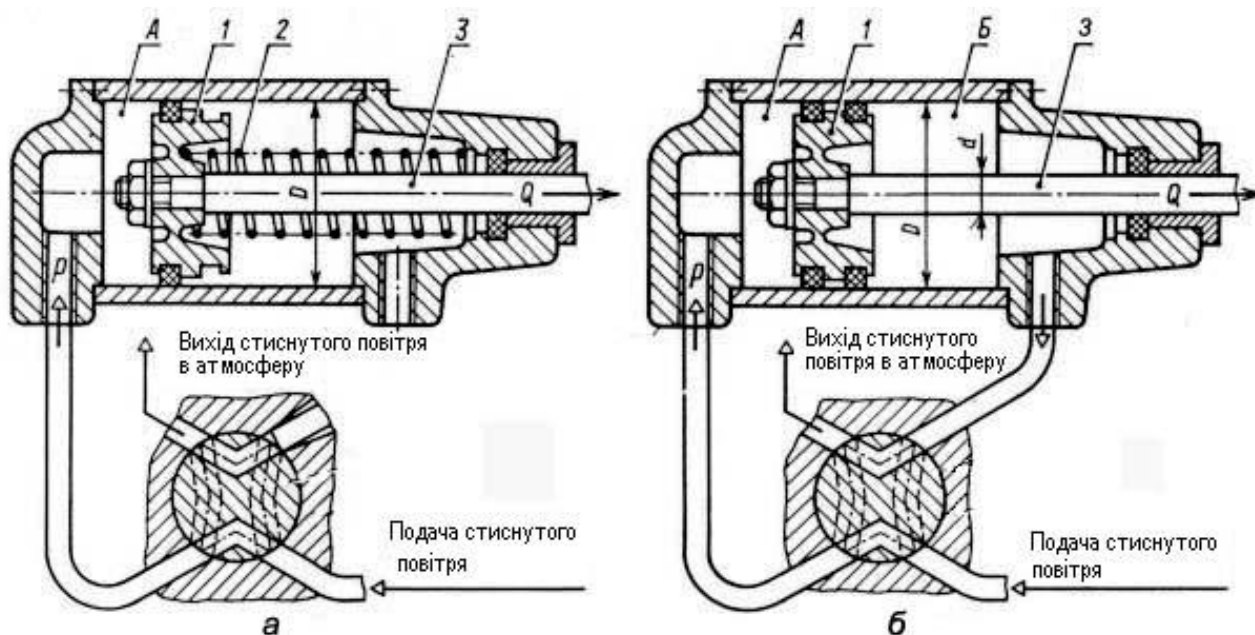
Найбільшого поширення набули поршневі пневмодвигуни - пневмоциліндри. Вони бувають односторонньої та двосторонньої дії.

У пневмоциліндрах односторонньої дії (рис. 6.1, а) тиск стисненого повітря діє на поршень 1 тільки в одному напрямку. Назад поршень 1 зі штоком 3 переміщається під дією пружини 2. В інших конструкціях зворотне переміщення штока з поршнем відбувається під дією зовнішніх сил або власної ваги. При цьому повітря з пневмоциліндра скидається в атмосферу. Пневмоциліндри односторонньої дії використовують тоді, коли не потрібен великий хід штока, коли на зворотному ході не потрібна велика сила для відведення штока у вихідне положення.

Пневмоциліндри з пружинним поверненням мають обмеження по величині переміщення штока до $(0,8-1,5) D$, де D – діаметр поршня.

В пневмоциліндрах двосторонньої дії (рис. 6.1, б) стиснуте повітря подається в обидві порожнини А і Б. Пневмоциліндри двосторонньої дії використовують тоді, коли не стоку потрібне значне зусилля. Такі

пневмоциліндри виготовляють з ходом поршня від декількох міліметрів до 7 м.



1 – поршень, 2 – пружина, 3 – шток

Рисунок 6.1 – Пневмоциліндри односторонньої а) та двосторонньої б) дії

Зусилля на штоці пневмоциліндра односторонньої дії визначається за формулою:

$$W = p \frac{\pi \cdot D^2}{4} \eta - q \quad (6.1)$$

p – тиск стиснутого повітря в пневмережі, МПа.

D – діаметр поршня, мм

η – ККД пневмоциліндра (0,9-0,98).

q – сила опору максимально стиснутої пружини

Зусилля на штоці пневмоциліндра двосторонньої дії при прямому ході визначається за формулою:

$$W = p \frac{\pi D^2}{4} \eta \quad (6.2)$$

Зусилля на штоці при зворотному ході

$$W = p \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) \eta \quad (6.3)$$

d – діаметр штока, мм.

Мембранні пневматичні двигуни (пнеumoкамери) являють собою камеру, розділену еластичною діафрагмою з прогумованої тканини на дві ізолювані порожнини. Під час впускання стиснутого повітря в робочу

порожнину камери діафрагма вигинається (деформується) і переміщає притиснутий або приєднаний до неї опорний диск зі штоком, розвиваючи необхідне зусилля. Мембранні пневмодвигуни, так само як і поршневі, можуть бути односторонньої і двосторонньої дії.

Робоча порожнина *сильфонного пневматичного двигуна* (рис. 6.2) є гофрованою замкнутою камерою 1 з тонколистової корозійно-стійкої сталі, латуні або фосфорної бронзи, ця камера має можливість пружньо розширюватися у напрямку робочого ходу штока 2 під дією стиснутого повітря. Зворотний хід здійснюється при подачі повітря всередину камери 3.

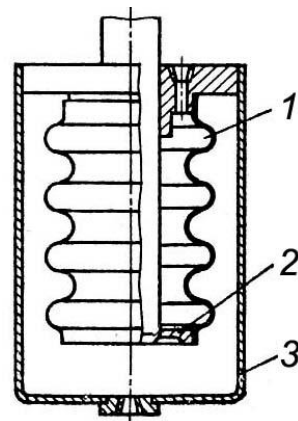


Рисунок 6.2 – Сильфон

Робочий хід штока пневмокамери і сильфона обмежений величиною можливої пружної деформації, тоді як у пневмоциліндра він може бути будь-яким. Сильфон ущільнень не потребує.

Коли в конструкціях машин і механізмів потрібно не лінійне переміщення вихідної ланки виконавчого механізму, а поворот його на заданий кут в діапазоні від 0 до 360 градусів застосовують поворотні пневматичні двигуни з *обмеженим кутом повороту вихідного ланки*. Найбільш поширеними конструкціями таких пневмодвигунів є поршневі або шиберні.

Пневмодвигуни з *необмеженим обертальним рухом*, або пневмомотори, призначені для перетворення потенційної енергії стисненого повітря в механічну роботу і забезпечують необмежений обертальний рух вихідного вала. Залежно від можливості обертання вихідного вала в обидві сторони або в одну мотори відповідно поділяють на реверсивні і нереверсивні. Існує досить багато варіантів конструктивного виконання пневмомоторів (рис. 6.3), однак не всі вони знайшли широке застосування.

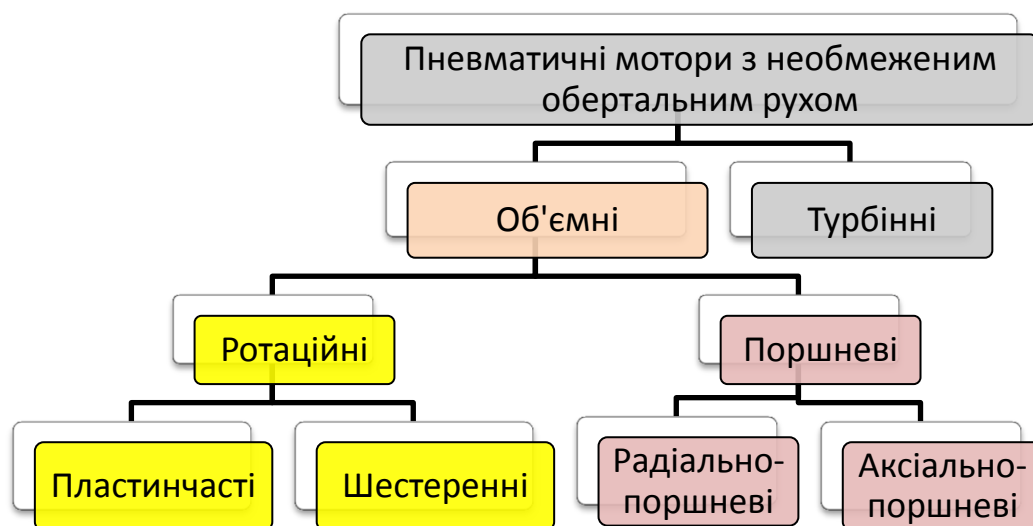


Рисунок 6.3 – Класифікація пневматичних моторів

Детальну інформацію про будову та принцип роботи основних типів пневматичних двигунів можна віднайти в спеціалізованій літературі, на інформаційних ресурсах мережі Internet або на Youtube-каналі «Гидравліка і пневматика» https://www.youtube.com/channel/UClKWaw_ngw5obbT3ilq_Gw.

6.2 Оснащення роботи

Відео та інші ілюстративні матеріали про пневматичні двигуни, довідкові матеріали, стандарти.

6.3 Методика виконання роботи

Для отримання за виконання лабораторної роботи мінімальної кількості **60 балів** необхідно обов'язково виконати нижченаведені 6 індивідуальних завдань у вказаній послідовності:

1. Вибрати пневматичний двигун певного типу.
2. Самостійно на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо вибрати пневматичну систему, де вибраний пневматичний двигун може використовуватись.
3. Виконати описання конструкції та принципу роботи пневматичної системи, де вибраний пневматичний двигун може використовуватись.
4. Виконати описання конструкції пневматичного двигуна.
5. Навести технічні характеристики пневматичного двигуна.
6. Виконати функціональний аналіз вибраного пневматичного двигуна.

Для отримання за виконання лабораторної роботи **понад 60 балів**, здобувач вищої освіти самостійно, залежно від оцінки, на яку претендує, додатково на вибір виконує нижченаведені індивідуальні завдання:

7. Навести формули для визначення технічних характеристик обраного пневматичного двигуна та графічно відобразити залежність однієї характеристики від конструктивних параметрів пневматичного двигуна та інших складових. (2 бали за кожну формулу та графічну ілюстрацію залежності).
8. Виконати складальний кресленик вибраного пневматичного двигуна (10 балів).
9. Виконати ескіз з позначенням поверхонь та функціональний аналіз **однієї** оригінальної (нестандартної) деталі пневматичного двигуна та її поверхонь (5 балів).
10. Виконати кресленик однієї оригінальної (нестандартної) деталі пневматичного двигуна (10 балів).
11. Систематизувати і порівняти переваги та недоліки вибраного пневматичного двигуна та інших двигунів (5 балів за кожний двигун) подібних за конструкцією та технічними характеристиками. **Обов'язково** навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних пневматичних двигунів.
12. Систематизувати і порівняти технічні характеристики вибраного пневматичного двигуна та інших двигунів (3 бали за кожний двигун) подібних за конструкцією та технічними характеристиками. **Обов'язково** навести ілюстрації (фото, ескіз, схема тощо) порівнюваних пневматичних двигунів.
13. Запропонувати власні технічні рішення, що підвищують ефективність вибраного пневматичного двигуна (10 балів за кожне рішення).
14. Виконати 3D модель **однієї** оригінальної (нестандартної) деталі пневматичного двигуна (3 бали) (не більше 3-х деталей).
15. На ескізі пневматичного двигуна вказати та сформулювати в тексті лабораторної роботи основні норми точності, які необхідно витримати при його складанні та експлуатації (15 балів).
16. Описати в тексті лабораторної роботи та будь-яким зручним способом ілюструвати фізичні явища та закони, на яких ґрунтується принцип роботи пневматичного двигуна. (10 балів).

6.4 Інформація до складання звіту

1. У підрозділі «Результати виконання роботи» виконати завдання, наведені в методиці виконання роботи залежно від кількості балів, на яку претендує ЗВО за виконання лабораторної роботи.
2. У підрозділі «Висновки» сформулювати основні результати і навички, отримані при виконанні лабораторної роботи відповідно до вибраних індивідуальних завдань.

6.5 Питання для самостійної підготовки

1. В чому полягає принцип дії пневматичних двигунів?
2. Як класифікують пневматичні двигуни?
3. В чому відмінність пневмоциліндрів односторонньої та двосторонньої дії?
4. Які конструктивні особливості мембранних пневматичних двигунів?
5. Як працює сильфонний пневматичний двигун?
6. Яке типове функціональне призначення пневматичних двигунів ?
7. Яке функціональне призначення пневмодвигунів з необмеженим обертальним рухом?

3 Методичні рекомендації з оформлення та представлення типових елементів індивідуальних завдань до лабораторних робіт

3.1 Рекомендації з формулювання описання конструкції та принципу роботи

Метою формулювання описання конструкції та принципу роботи елементів гідравлічних та пневматичних приводів є набуття вміння структуровано, компактно, зрозуміло і чітко описувати технічні об'єкти та системи. Це сприяє формуванню загальних та фахових компетенції відповідно до освітньої програми підготовки фахівців, зокрема:

- здатність структурно і логічно висловлювати свою думку, описувати процеси, явища, технічні об'єкти та системи;

- здатність до аналізу та синтезу, вміння виявляти, формулювати, ставити та вирішувати прикладні (науково-прикладні) завдання.

Описання конструкції та роботи складових елементів гідравлічних та пневматичних приводів наводиться в довільній формі, але при цьому необхідно щоб була відображена наступна інформація в рекомендованій послідовності:

1) назва і конкретна галузь застосування елемента гідравлічного (пневматичного) приводу;

2) функції, для виконання яких призначений елемент гідравлічного (пневматичного) приводу;

3) описання як і де встановлюється та закріплюється елемент гідравлічного (пневматичного) приводу;

4) перелік **основних** конструктивних елементів (деталей, складальних одиниць), з яких складається елемент гідравлічного (пневматичного) приводу;

5) описання яким чином працює елемент гідравлічного (пневматичного) приводу, виконуючи **основні функції** з конкретним посиланням на деталі і вузли;

6) описати виконання елементом гідравлічного (пневматичного) приводу своїх **допоміжних функцій** з конкретним посиланням на деталі і вузли;

7) як здійснюється (пере)налагодження, регулювання і ремонт елемента гідравлічного (пневматичного) приводу.

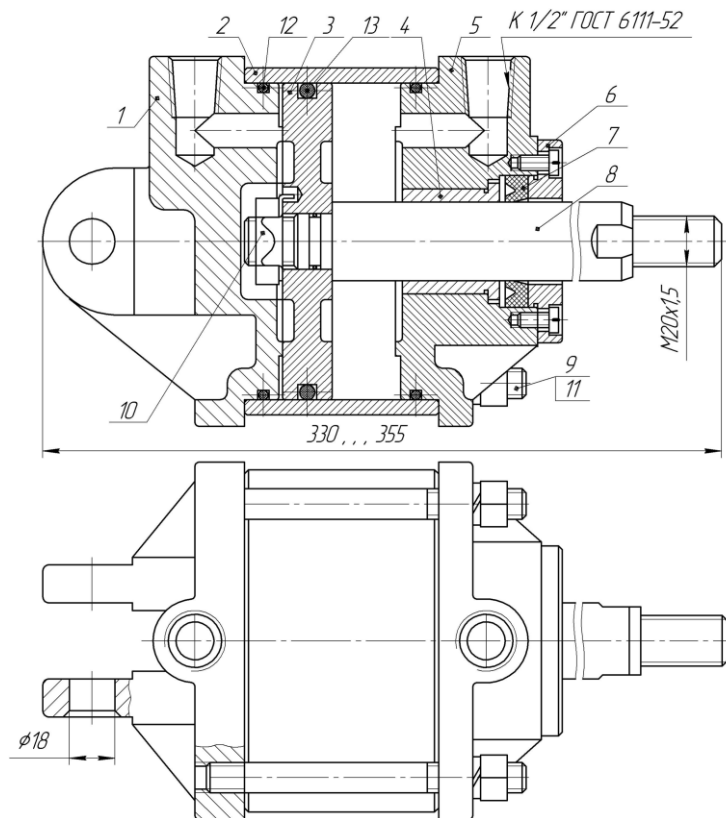
Текст описання конструкції і роботи елемента гідравлічного (пневматичного) приводу не обов'язково повинен містити всі вищеперелічені пункти і у вказаній послідовності, але має бути їх переважна більшість. Текст

описання рекомендується розбивати на абзаци. В кожному з абзаців має відображатись інформація про конструкцію, яка описується відповідно до вищенаведених 7-ми пунктів.

Описання слід формулювати так, щоб в ньому обов'язково було посилання на конкретні деталі і вузли у вигляді посилань на відповідні позиції кресленика, рисунка, ескіза, схеми тощо, що ілюструє конструкцію елемента гідравлічного (пневматичного) приводу. Описання будь-якої конструкції без її ілюстрації неможливе!

Приклад описання конструкції:

Пневмоциліндр (рисунок 3.1) застосовується в якості силового приводу в механізмі затиску пристрою для захвату прутків Ø 20 мм.



1 – задня кришка, 2 – гільза, 3 – поршень, 4 – втулка, 5 – передня кришка, 6 – кришка, 7 – манжета, 8 – шток, 9 – шпилька, 10, 11 – гайки, 12, 13 – кільця гумові

Рисунок 3.1 – До опису конструкції пневмоциліндра

Даний пневмоциліндр двосторонньої дії і конструктивно складається з передньої 1 та задньої 5 кришок, які встановлені в гільзу 2 і закріплені шпильками 9 з гайками 11. В отворі гільзи 2 переміщується поршень 3. Здійснюючи робочий і холостий ходи.

На корпусі пристрою пневмоциліндр закріплюється шарнірно завдяки наявності проушин з отворами $\varnothing 18\text{мм}$ в задній кришці 1.

Основна функція пневмоциліндра - перетворення енергії стиснутого повітря в зворотно-поступальний рух штока. Для здійснення робочого ходу пневмоциліндра (затискання прутка) до отвору в задній кришці кришці 1 підводять стиснуте повітря під тиском $0,4\text{МПа}$. Поршень 3 разом з штоком 8 під тиском повітря переміститься вліво, здійснюючи свій вплив на важільний механізм пристрою і затискаючи заготовку.

Для звільнення обробленої заготовки повітря підводять до отвору в передній кришці 5. Поршень 3 разом з штоком 8 переміститься вправо в відбудеться звільнення обробленої деталі.

Допоміжними функціями пневмоциліндра є забезпечення необхідної величини зусилля затиску, герметичності пневматичної системи, надійності та довговічності роботи пристрою. Необхідна величина зусилля затиску створюється завдяки тиску стиснутого повітря на торець поршня, герметичності пневматичної системи живлення пневмоциліндра та мінімальним втратам на тертя завдяки точності виготовлення деталей та складання пневмоциліндра.

3.2 Рекомендації з формулювання технічних характеристик елементів гідравлічного (пневматичного) приводу

В технічних характеристиках елемента гідравлічного (пневматичного) приводу необхідно навести інформацію про параметри, необхідні для розуміння функціональних можливостей елемента гідравлічного (пневматичного) приводу. Наприклад:

Технічні характеристики пневмоциліндра:

Робочий тиск стиснутого повітря	0,4 МПа
Коефіцієнт корисної дії пневмоциліндра,	$\eta=0,9$.
Зусилля на штоці пневмоциліндра при тиску $0,4\text{ МПа}$ і $\eta=0,9$	2650 Н
Швидкість переміщення штока пневмоциліндра	0,5 м/с
Ресурс роботи пневмоциліндра до відмови не менше	300000 подвійних

Конкретний перелік технічних характеристик залежить від функціонального призначення елемента гідравлічного (пневматичного) приводу. Сформулювати технічні характеристики можна на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо.

Технічні характеристики можна також представити у вигляді таблиці.

3.3 Рекомендації з розробки функціонального аналізу елементів гідравлічного (пневматичного) приводу

Формулювання функціонального призначення будь-якого технічного об'єкта є дуже відповідальним етапом процесу підготовки інженера. Вміння чітко, зрозуміло і максимально конкретно формулювати функціональне призначення технічних об'єктів є ключовим навиком, необхідним для їх проектування або удосконалення. Помилки, допущені при виявленні та уточненні функціонального призначення, призводять до створення неякісних технічних об'єктів.

Вміння формулювати функціональне призначення елементів гідравлічних (пневматичних) систем та їх деталей дозволить в подальшому успішно здійснювати їх обґрунтований вибір, проектування, удосконалення або розробку технологічних процесів виготовлення.

Розробці функціонального призначення будь-якого технічного об'єкта повинні передувати глибоке вивчення задач, для розв'язання яких він призначений. Починати розробку функціонального призначення слід з детального опрацювання інформації, що міститься в описі конструкції та принципу роботи технічного об'єкта.

Опис конструкції гідравлічної (пневматичної) системи виконується відповідно до рекомендацій п. 3.1 даних методичних вказівок.

3.3.1 Функціональне призначення систем та їх елементів

Функціональне призначення гідравлічної або пневматичної системи (складальної одиниці, механізму, вузла) – максимально уточнена і чітко сформульована задача, для розв'язання якої призначена гідравлічна або пневматична система (складальна одиниця, механізм, вузел).

Розробка і формулювання функціонального призначення ґрунтується на аналізі вихідної інформації про гідравлічну (пневматичну) систему, елементом якої є заданий гідравлічний (пневматичний) насос, клапан, регулятор, розподільник тощо.

Навички, отримані при формулюванні функціонального призначення, сприяють формуванню вміння чітко і конкретно формулювати цілі та критерії їх досягнення в будь-якій сфері життєдіяльності людини.

Будь-який елемент гідравлічних або пневматичних систем містить систему службових функцій, які визначають принцип його функціонування і конструктивно являє собою сукупність конструктивних елементів для

реалізації цих функцій. Ознаки (властивості), які характеризують об'єкт в певних умовах, називають **службовими функціями**. Формулювання функціонального призначення повинне містити чіткі, конкретні і зрозумілі формулювання основних та допоміжних функцій.

Основна функція елемента гідравлічних (пневматичних) систем – ознака, яка визначає його сутність, призначення, для реалізації якої створюється об'єкт і без якої він, як виріб, втрачає свою споживчу вартість, корисність.

Для визначення основної функції потрібно відповісти на питання:

- 1) Для чого існує або створений елемент гідравлічної (пневматичної) системи?
- 2) Яку задачу виконує елемент гідравлічної (пневматичної) системи? Що робить об'єкт?
- 3) Яка від даного елемент гідравлічної (пневматичної) системи користь?
- 4) Що станеться, якщо елемент гідравлічної (пневматичної) системи видалити?

Так, основною функцією гідравлічного (пневматичного) циліндра є перетворення енергії стиснутого повітря в зворотно-поступальний рух штока; компресора – стиснення і перекачування повітря (газу); клапана – обмеження на заданому рівні тиску робочої рідини (повітря) в гідравлічних (пневматичних) системах і т.д.

Допоміжна функція елемента гідравлічних (пневматичних) систем – ознака, яка доповнює, розвиває і уточнює основну функцію. Допоміжна функція може принципово не впливати на основні функції об'єкта, але забезпечує певні умови його функціонування.

Наприклад, допоміжними функціями гідравлічного (пневматичного) циліндра є:

ДФ₁ – забезпечити швидкість переміщення штока $0,2 \pm 0,05$ м/с;

ДФ₂ – забезпечити величину зусилля на штоці 2000 ± 50 Н;

ДФ₃ – герметичне з'єднання елементів гідравлічної (пневматичної) системи;

ДФ₄ – забезпечення показників надійності протягом гарантованого терміну експлуатації 12000 ± 100 годин машинного часу;

ДФ₅ – безпечність експлуатації гідравлічного (пневматичного) циліндра;

ДФ₆ – забезпечити вимоги ергономічності.

Особливу увагу слід звернути на якісне, скрупульозне виявлення всіх виконуваних об'єктом і його елементами функцій. Для виявлення **допоміжних функцій** корисним буде пошук відповіді на низку питань:

- 1) Як має виконувати складальна одиниця свою задачу?
- 2) Без чого (яких властивостей) складальна одиниця буде непотрібною?
- 3) Якщо збільшити (зменшити) які-небудь параметри (функціональні, розмірні, точнісні, міцнісні) виконавчих поверхонь, що зміниться?

Не завжди вдається зразу чітко формулювати функції. Це потребує доброго знання призначення елемента гідравлічних (пневматичних) систем, принципу його роботи, технічних характеристик, переваг і недоліків тощо. Зазвичай, якщо є хоча б ця інформація, виявлення основних і допоміжних функцій не викликає труднощів. Лаконічність і точність формулювання основних і допоміжних функцій як навик формується з досвідом.

Неможливість чітко й коротко сформулювати функцію елемента гідравлічних (пневматичних) систем свідчить про необхідність продовжити вивчення його призначення, після чого знову повернутися до формулювання його функцій.

Формулюючи службове (функціональне) призначення елемента гідравлічних (пневматичних) систем, слід як можна глибше його уточнити і обов'язково виразити ці уточнення кількісно з допустимими відхиленнями.

Кількісні показники з допустимими відхиленнями потрібні для визначення в подальшому, при виготовленні та експлуатації, критеріїв виконання (невиконання) складальною одиницею своїх функцій.

Приклад формулювання функціонального призначення повітряного насосу:

Функціональне призначення повітряного насосу

Повітряний насос (див. рисунок 3.2) призначений для відсмоктування газів з домішками крапельної рідини при створенні зони розрідження в ємності низького тиску трубопровідної системи перекачування світлих нафтопродуктів.

Основна функція (Ф_о) – відсмоктування газів.

Допоміжні функції (Ф_д):

Ф_{д1} – забезпечення продуктивності $0,75 \pm 0,05 \text{ м}^3/\text{хв}$;

Ф_{д2} – забезпечення величини тиску на виході з насосу $101 \pm 1,0 \text{ КПа}$.

Ф_{д3} – забезпечення величини ККД не менше $\eta = 0,75$.

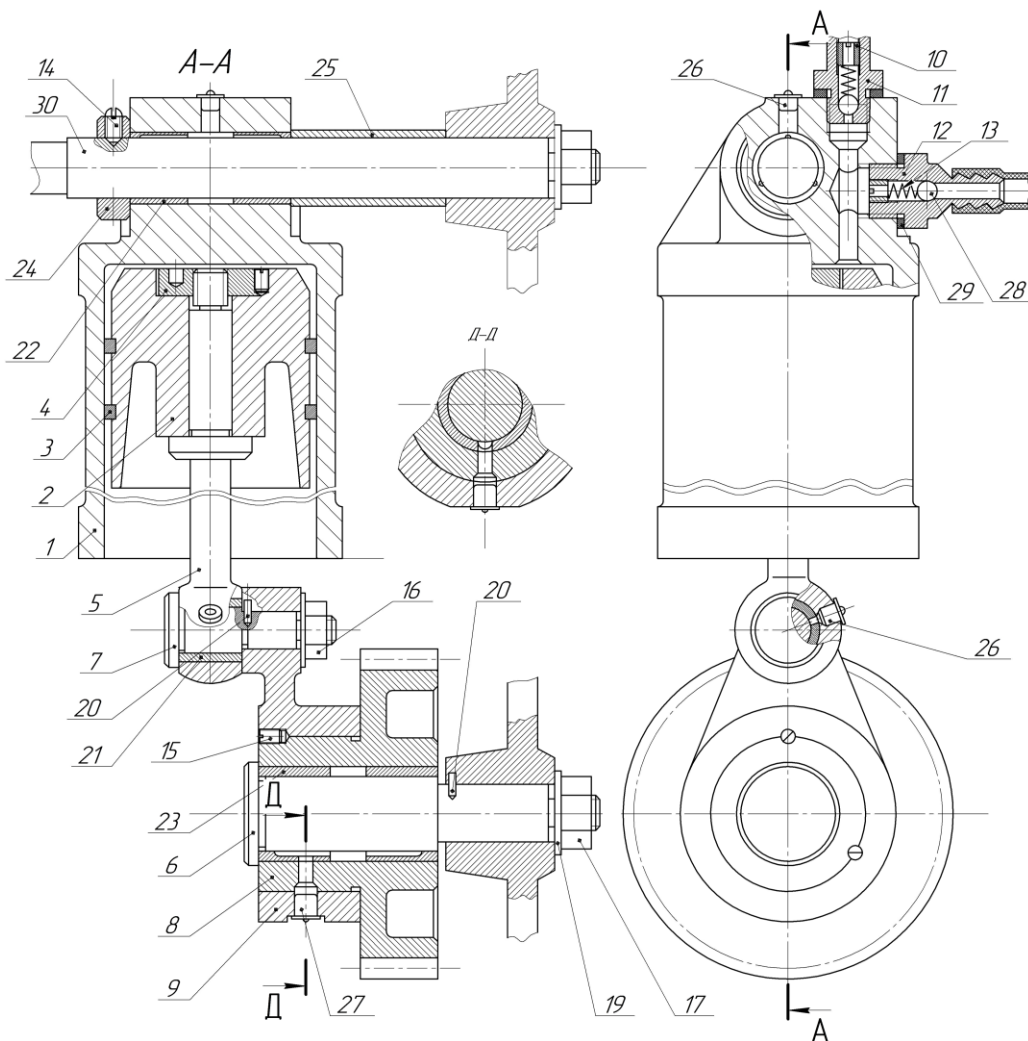
Ф_{д4} – забезпечення допустимого рівня шуму 70 дБ.

Ф_{д5} – забезпечення показників надійності та довговічності протягом гарантованого терміну експлуатації 10000 ± 100 годин машинного часу.

Ф_{д6} – забезпечення вимог безпеки та ергономічності.

Відсмоктування і нагнітання повітряним насосом газів здійснюється за допомогою всмоктуючого і нагнітаючого клапанів золотникового типу з робочим тиском спрацьовування відповідно $5,1 \pm 0,5 \text{ КПа}$ і $101 \pm 1,0 \text{ КПа}$.

Тиск залишковий мінімальний при нульовій продуктивності $0,73 \pm 0,01 \text{ КПа}$.



1 – циліндр, 2 – поршень, 3 – кільце поршневе, 4 – гайка спеціальна, 5 – шток, 6 – вісь кривошипа, 7 – палець, 8 – колесо зубчасте, 9 – кривошип, 10 – гайка регульовальна, 11, 12 – корпуси клапанів, 13 – пружина, 14, 15 – гвинти, 16, 17 – гайки, 18, 19 – шайби, 20 – штифт, 21 – 23, 25 – втулки, 24 – кільце, 26, 27 – маслянки, 28 – кулька, 29 – гумова прокладка, 30 – вісь

Рисунок 3.2 – Повітряний насос

Швидкість руху поршня в циліндрі не повинна перевищувати 1,5-2 м/с (при номінальній продуктивності).

Хід поршня 160 ± 1 мм. Номінальна частота обертання кривошипа 400 ± 5 хв⁻¹. Допустима температура нагрівання поршневих кілець $t = 75 \pm 5$ °С.

Інтервал допустимої температури експлуатації насоса $-20^0 \dots + 40^0$ °С. Відносна вологість повітря $75 \pm 10\%$.

Необхідна величина тиску розрідження, герметичність, продуктивність повітряного насоса забезпечуються відповідним герметичним з'єднанням клапанів 11 і 12 з циліндром та щільністю посадки поршня в циліндрі, яка реалізується за допомогою поршневих кілець 3.

Величина ККД не менше $\eta=0,75$ забезпечується точністю і плавністю переміщень та мінімальними втратами на тертя в рухомих елементах повітряного насоса.

Для змащення поверхонь деталей повітряного насоса, що піддаються тертю використовувати мастило ЦИАТИМ-221 ГОСТ 9433-80. Періодичність змащення - кожні 24 години експлуатації.

3.3.2 Функціональне призначення деталі

Функціональне призначення деталі – максимально уточнена і чітко сформульована задача, для розв'язання якої призначена деталь, як елемент складальної одиниці, що входить до гідравлічної (пневматичної) системи.

Принципи формулювання функціонального призначення деталі аналогічні принципам формулювання функціонального призначення складальної одиниці (див. п 3.3.1).

Деякі функції типових деталей машин наведено в таблиці 3.1

Таблиця 2.1 – Окремі функції деяких типових деталей машин

Тип деталі	Функції: основна (Φ_o), допоміжна (Φ_d)	
Корпус	Φ_o	Забезпечення сталої точності відносного розташування деталей і механізмів у статичному стані, так і в процесі експлуатації машини.
	Φ_{d1}	Створення замкнутого простору
	Φ_{d2}	Забезпечення плавності роботи деталей і механізмів
	Φ_{d3}	Гасіння вібрацій
Вал, шпindelь	Φ_o	Передача зусилля обертання з переносом вздовж вісі
	Φ_{d1}	Орієнтування деталей в складальній одиниці
	Φ_{d2}	Надання деталям обертового руху з визначеною швидкістю і крутним моментом
Станина, рама	Φ_o	Координація та взаємне орієнтування основних вузлів і механізмів машини (в деяких випадках спрямовує їх рух)
Шестерня, зубчасте колесо	Φ_o	Передача крутного моменту
	Φ_{d1}	Зменшує (збільшує) кількість обертів
Важіль	Φ_o	Передача зусилля сполученим деталям
	Φ_{d1}	Переміщення деталей із заданою швидкістю
	Φ_{d2}	Фіксація положення деталей
Шпонка, штифт	Φ_o	Запобігає прокручуванню
Колінчастий вал	Φ_o	Перетворення поступального руху в обертовий або навпаки
	Φ_o	Орієнтування деталей поршневої групи
Кожух, кришка	Φ_o	Розділяє, відділяє від середовища, запобігає, захищає
Шатун	Φ_o	Передача зворотно-поступального руху

Приклад формулювання функціонального призначення корпусу:

Корпус черв'ячного редуктора (рисунок 3.3) призначений для виконання наступних функцій:

Основна функція (Ф_о): забезпечення сталої точності відносного розташування черв'яка і черв'ячного колеса як в статичному стані, так і в процесі експлуатації.

Допоміжні функції (Ф_д):

Ф_{д1} – забезпечення разом з кришками підшипникових вузлів герметичності порожнини редуктора (втрати мастила не допустимі);

Ф_{д2} – забезпечення жорсткості конструкції редуктора;

Ф_{д3} – забезпечення плавності роботи черв'ячної передачі;

Ф_{д4} – гасіння вібрацій;

Ф_{д5} – орієнтування та закріплення редуктора на рамі соковижимного преса;

Ф_{д6} – забезпечення безпеки при складанні та експлуатації редуктора;

Ф_{д7} – забезпечення показників надійності протягом заданого періоду експлуатації.

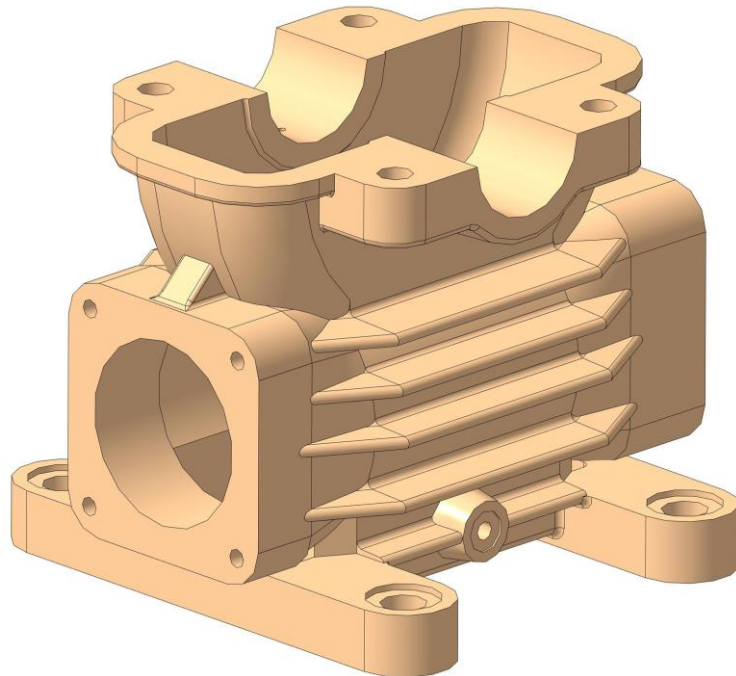


Рисунок 3.3 – Тривимірна модель корпусу черв'ячного редуктора

Корпус повинен бути достатньо міцним і жорстким. Допустиме статичне навантаження, яке сприймається корпусом, не повинно перевищувати 2450 ± 10 Н; динамічне одноразове навантаження 2670 ± 10 Н.

Міцність і жорсткість досягається відповідним конструктивним виконанням корпусу редуктора та фізико-механічними властивостями матеріалу СЧ 15 ГОСТ 1412-85, з якого він виготовлений.

Корпус редуктора разом з кришкою повинен утримувати мастило всередині редуктора, тобто втрати мастила не допустимі, також не допустиме попадання в середину пилу, сміття, води.

На зовнішніх поверхнях корпусу не допускається наявність гострих країв та кутів для забезпечення безпеки при складанні і експлуатації

Необроблені внутрішні поверхні корпусу, які знаходяться в масляній ванні редуктора фарбувати маслостійкою фарбою МЛ-12 червоного кольору за ГОСТ 6631-83. Зовнішні, механічно необроблені поверхні корпусу фарбувати атмосферною нітроемаллю НЦ-25 за ГОСТ 926-82 в колір технологічного обладнання.

Корпус редуктора передбачений для експлуатації при температурі навколишнього середовища від $20^0 \pm 10^0$ С, відносній вологості повітря $70 \pm 10\%$.

3.3.3 Формулювання функцій поверхонь деталі

На кожен деталь у складальній одиниці покладається виконання певних функцій, що впливають із функцій, для реалізації яких призначена складальна одиниця. В сукупності ці функції повинні відобразитись і максимально уточнюватись у функціональному призначенні деталі. Функціональне призначення деталі реалізується її поверхнями, які виконують певні функції.

Поверхні деталей, за допомогою яких сама деталь, машина (вузол, складальна одиниця) виконує своє функціональне призначення, називаються **виконавчими**. Наприклад, у зубчастого колеса - це бічні поверхні зубців та бічна поверхня шпонкового пазу в отворі, які забезпечують передачу зубчастим колесом крутного моменту. У корпуса редуктора – всі поверхні, які визначають положення деталей редуктора як в статичному стані, так і в процесі експлуатації. і т.д.

Основні бази - поверхні деталі, які визначають її положення у складальній одиниці.

У вала 1, наприклад (рисунок 3.4) це підшипникові шийки і одна з торцевих поверхонь; у зубчастого колеса 2 - отвір, торець та бічна поверхня шпонкового пазу.

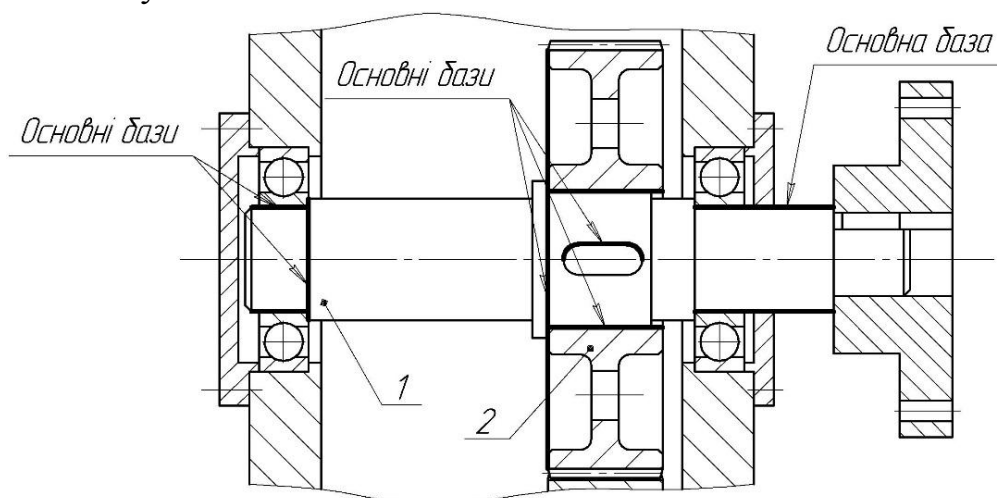


Рисунок 3.4 – До визначення основних баз деталей
Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

Допоміжні бази - поверхні деталі, які визначають положення приєднаних до неї інших деталей.

Наприклад, у вала - це шийка і прилеглий торець, які орієнтують зубчасте колесо; шпонковий паз, який орієнтує шпонку відносно вала.

Функціональний аналіз поверхонь деталей необхідно представити у вигляді ескіза та таблиці, приклади оформлення яких наведено нижче.

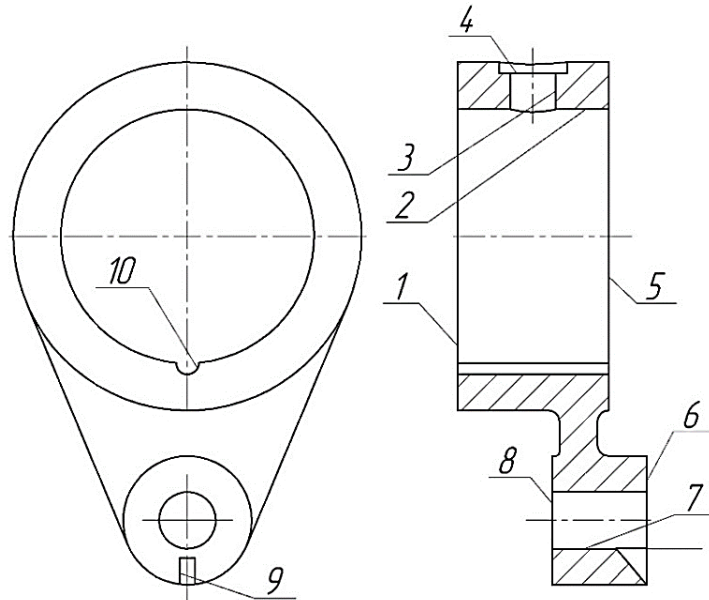


Рисунок 3.5 - До визначення функцій поверхонь кривошипа

Таблиця 3.2 – Види та функції поверхонь кривошипа

Функції	Вид поверхні	Позначення поверхонь
Перетворення обертання зубчастого колеса 8 у зворотно-поступальне переміщення поршня 2	Виконавчі поверхні	2, 7
Визначення положення штока 5		6
Визначення положення кривошипа	Основні бази	1, 2, 10
Визначення положення маслянки 27	Допоміжні бази	3, 4
Визначення положення пальця 7		6, 7
Визначення положення шайби 18		8
Визначення положення штифта 20		9

3.4 Рекомендації до виконання аналізу, порівняння, систематизації інформації

Порівняльний аналіз будь-яких конструкцій елементів систем гідравлічних (пневматичних) приводів передбачає збір, систематизацію та аналіз інформації на основі вивчення навчальної, науково-технічної літератури, фахових журналів та інших спеціальних періодичних видань, матеріалів тематичних виставок, патентів, інформаційних ресурсів мережі Internet тощо.

Систематизувати будь-яку інформацію можна у табличному вигляді або графо-аналітичними методами (діаграми, графіки, схеми тощо). Вибір способу систематизації та представлення інформації – особиста відповідальність студента.

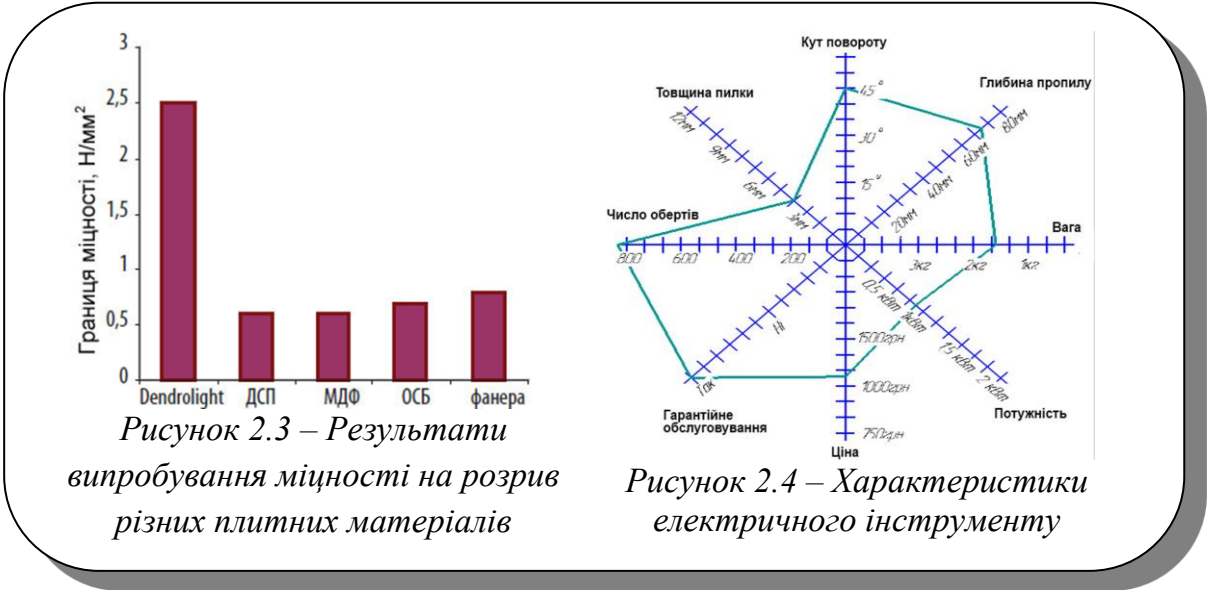
Аналіз переваг і недоліків можна представити у вигляді таблиці:

Таблиця 3.2 – Аналіз переваг і недоліків гідравлічних насосів

Тип насоса	Переваги	Недоліки
<i>Шестеренний НШ-160</i>	<i>Перевага 1</i>	<i>Недолік 1</i>
<i>Аксіально- поршневий BF10</i>	<i>Перевага 1 Перевага 2 Перевага 3</i>	<i>Недолік 1</i>
<i>Плунжерний НД-15</i>	<i>Перевага 1 Перевага 2</i>	<i>Недолік 1 Недолік 2 Недолік 3</i>

Адекватно порівнювати переваги і недоліки можна тільки подібних за призначенням елементів систем гідравлічних (пневматичних) приводів.

Порівняння властивостей, технічних характеристик, експлуатаційних показників можна представити у вигляді діаграм, табличним або графічним способом.



Таблиця 2.3 – Порівняння теплоізоляційних властивостей різних будівельних матеріалів

Зовнішній вигляд	Найменування матеріалу	Щільність, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності Вт/м ² К	Товщина (висота) матеріалу, м
	Бетон DIN EN 12524	2200	1,65	4,43
	Цегла DIN V 4108-4	1200	0,50	1,34
	Масивна деревина DIN EN 12524	500	0,13	0,35
	Клесна багатошарова будівельна плита DIN EN 12524	500	0,13	0,35
	Dendrolight	300	0,087	0,24

Можливості пакету програм Microsoft Office дозволяють продемонструвати навички багатьох різних способів систематизації та представлення інформації.

4 Рекомендації щодо оформлення креслеників

Всі кресленики, які виконуються в лабораторних роботах повинні відповідати вимогам діючих стандартів ЕСКД і ЕСТД, правилам нарисної геометрії та технічного креслення.

Формат аркушів повинен бути таким, щоб створювалось цілком повне враження і була вся інформація, необхідна для роботи з креслениками. Кількість проєкцій і перерізів повинна бути такою, яка б давала повне і однозначне уявлення про конструкцію. Не слід прагнути до надмірного збільшення або зменшення зображень на аркушах. Масштаб повинен бути таким, щоб неозброєним оком можна було розгледіти зображені на аркуші конструктивні елементи деталі, складальної одиниці тощо.

4.1 Рекомендації до оформлення складального кресленика

На складальному кресленнику елементів гідравлічних (пневматичних) систем приводів необхідно обов'язково відобразити:

- складальну одиницю (елемент гідравлічного, пневматичного приводу) в необхідній кількості проєкцій, видів та розрізів для повного і чіткого уявлення про її конструктивні особливості;
- номери деталей згідно позицій специфікації;
- габаритні розміри;
- установчі розміри, що визначають спосіб встановлення та закріплення елемента гідравлічного (пневматичного) приводу в системі, де він виконує своє функціональне призначення;
- приєднувальні розміри (з допусками), що визначають розміри та конструктивні особливості поверхонь деталей даної складальної одиниці, до яких будуть приєднуватись інші деталі при монтажі у вузлі, машині тощо, наприклад розміри отворів для приєднання трубопроводів;
- розміри з посадками всіх рухомих та нерухомих з'єднань, окрім різевих, які будуть утворюватися в процесі складання елемента гідравлічного (пневматичного) приводу;
- довідкові розміри (на креслениках їх позначають *);
- технічні вимоги.

Специфікація до складального кресленика виконується у відповідності з вимогами ЕСКД і розміщується в кінці лабораторної роботи.

4.2 Рекомендації до оформлення кресленика деталі

При необхідності, рекомендації з розробки креслеників типових деталей наведено в довідниках і посібниках з конструювання деталей машин [1-5].

На кресленику деталі необхідно обов'язково відобразити :

- деталь в необхідній кількості видів та проєкцій для повного і чіткого уявлення про її форму та конструктивні особливості;
- габаритні розміри деталі;
- розміри (з допусками), що визначають форму, розміри та положення базових (основні і допоміжні бази) та виконавчих поверхонь;
- вільні розміри, що уточнюють розміри та положення конструктивних елементів деталі;
- допуски форми (при необхідності) базових і виконавчих поверхонь;
- допуски розташування (при необхідності), що визначають положення базових і виконавчих поверхонь;
- розміри фасок, канавок, радіусів скруглень;
- довідкові розміри (на креслениках їх позначають *);
- шорсткість поверхонь;
- технічні умови до деталі.

4.3 Рекомендації для самоперевірки оформлення креслеників

Перед поданням креслеників на перевірку викладачеві здобувач вищої освіти повинен самостійно старанно перевірити правильність їх оформлення, відповідність вимогам і підтвердити це своїм підписом.

Перевірку слід проводити, відповідаючи на запитання:

1. Чи достатньо ясно представлена конструкція на кресленику (ескізі), чи не має необхідності в додаткових перерізах, видах?
2. Чи не захаращений кресленик (ескіз) зайвими проєкціями та зображеннями?
3. Чи всі необхідні технічні характеристики відображені в технічних вимогах? Чи не треба доповнень?
4. Чи відповідає діючим стандартам, правилам та рекомендаціям нанесення розмірів, допусків, шорсткості та інших позначень?
5. Чи відповідають вибрані посадки характеру з'єднань деталей в складальній одиниці

6. Чи є зайві, недостаючі або такі, що повторюються розміри та літерні позначення?
7. Чи правильно заповнено штамп кресленика?
8. Наявність підпису виконавця

Рекомендована література

1. Дунаев П.Ф. Конструирование узлов и деталей машин: Учеб. пособие для студ. техн. спец. вузов / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 8-е изд., перераб. и доп. – М.; Издательский центр «Академия», 2004. – 496 с.
2. Дунаев П.Ф. Детали машин. Курсовое проектирование: Учеб. пособие для машиностроит. спец. учреждений среднего профессионального образования. / П. Ф. Дунаев, О. П. Леликов. – 5-е издание, дополн. – М.: Машиностроение, 2004. – 560 с.
3. Павлище В.Т. Основы конструювання та розрахунок деталей машин: Підручник. / В.Т. Павлище. – К.: Вища школа, 1993. – 556 с.
4. Орлов, П.И. Основы конструирования: справочно-методическое пособие в 2-х книгах. [Текст]/ П. И. Орлов ; ред. П. Н. Учайев. – 3-е изд., испр. – М. : Машиностроение, 1988. – Кн. 1 – 560 с., кн. 2. – 544с.
5. Детали машин и основы конструирования / [М. Н. Ерохин и др.]; Под ред. М. Н. Ерохина. – М. : КолосС, 2005. – 462 с.
6. Буренніков, Ю. А. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи : навчальний посібник / Ю. А. Буренніков, І. А. Немировський, Л. Г. Козлов. – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 273 с.
7. Герман В.Ф. Гідравліка, гідро- та пневмоприводи: конспект лекцій / В.Ф. Герман. – Суми : Сумський державний університет, 2015. – 160 с.
8. Андренко П.М. Гідравлічні пристрої мехатронних систем: навчальний посібник / П.М. Андренко. – Х. : Видавничий центр НТУ “ХПІ”, 2013. – 188 с.
9. Аврунін Г.А. Основы об’ємного гідропривода і гідропневмоавтоматики: навч. посіб. / Г.А. Аврунін, І.Г. Кириченко, І.І. Мороз ; під ред. Г.А. Авруніна. – Х. : ХНАДУ, 2009. – 424 с.
10. Данилов Ю.А. Аппаратура объемных гидроприводов: Рабочие процессы и характеристики / Ю.А. Данилов, Ю.Л. Кирилловский, Ю.Г. Колпаков. – М. : Машиностроение, 1990. – 272 с.
11. Свешников, В. К. Станочные гидроприводы: справочник /В. К. Свешников. – СПб.: Политехника, 2015. – 630 с.
12. Башта, Т. М. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы / Т. М. Башта. – Издательский дом Альянс, 2010. – 340 с.
13. Башта, Т. М. Гидравлика, гидравлические машины и гидравлические приводы / Т. М. Башта, С. С. Руднев. – М.: Машиностроение, 1990. – 360 с.
14. Кузмичев В. Е. Законы и формулы физики: справочник / В.Е. Кузмичев; отв. ред. В.К. Тартаковский. – К. : Наукова думка, 1989. – 864 с.
15. Чупраков Ю.И. Гидропривод и средства гидропневмоавтоматики: Кафедра технологій машинобудування і деревообробки

учеб. пособие / Ю.И. Чупраков. – М. : Машиностроение, 1979. – 232 с.

16. Гидроприводы и гидропневмоавтоматика станков / В.А.Федорец, М.Н. Педченко, А.Ф.Пичко, Ю.В. Пересадько, В.С. Лысенко; Под. ред. Д-ра техн. наук В.А.Федорца. – К.:Вища школа, 1987. – 375с.

Додаток А Приклад оформлення титульного аркуша до звіту з лабораторних робіт

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ ТА НАУКИ УКРАЇНИ	
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЧЕРНІГІВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»	
кафедра технологій машинобудування і деревообробки	
ЗВІТ	
про виконання циклу лабораторних робіт з дисципліни «Системи приводів» Гідравлічні та пневматичні системи приводів	
Виконав:	здобувач вищої освіти гр. ТМ-191 Хоменко Н.М.
Керівник:	канд. техн. наук, доцент Сапон С.П.
ЧЕРНІГІВ 2022	