

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра автоматизації, електротехнічних
та комп'ютерно-інтегрованих технологій

04-03-409М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни
«Технічні засоби автоматизації та робототехніки»
(Частина 1. Пневматичні технічні засоби автоматизації)
для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за
освітньо-професійною програмою «Автоматизація, комп'ютерно-
інтегровані технології та робототехніка», спеціальності 174
«Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та
робототехніка» денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-
методичною радою з якості
ННІЕАВГ
Протокол № 3 від 26.11.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни «Технічні засоби автоматизації та робототехніки» (Частина 1. Пневматичні технічні засоби автоматизації) для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка», спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» денної та заочної форм навчання. [Електронне видання] / Жомирук Р. В. – Рівне : НУВГП, 2024. – 44 с.

Укладач: Жомирук Р. В., к.т.н., доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Відповідальний за випуск: Древецький В. В., д.т.н., професор, завідувач кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Керівник освітньої програми «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»: Христюк А. О., к.т.н., доцент кафедри автоматизації, електротехнічних та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

© Р. В. Жомирук, 2024
© НУВГП, 2024

Зміст

Література	3
1. Дослідження роботи пневматичної станції живлення	4
2. Дослідження базових пневматичних елементів	9
3. Дослідження роботи мембранних пневматичних блоків в режимі позиційного регулятора та виконання простих арифметичних операцій.....	20
4. Дослідження перетворювачів пневмоелектричних	28
5. Дослідження електропневматичних перетворювачів	40

Література:

1. Технічні засоби автоматизації. Математичні операції на пневматичних елементах та їх використання в системі керування : навчальний посібник до вивчення курсу «Електричні та пневматичні системи керування» / Укладачі: П. М. Сташкевич, М. В. Лукінюк. Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. 319 с.
2. Савицький В. К., Федоришин Р. М. Технічні засоби автоматизації : навчальний посібник. Львів : Вид-во Львівської політехніки, 2018. 290 с.
3. Промислові засоби автоматизації. Ч.1., Ч.2. Вимірювальні пристрої. Регулювальні і виконавчі пристрої / А. К. Бабіченко, В. И. Тошинський та ін. Х. : ООО «Роми», 2001.
4. Жомирук Р. В., Маланчук Є. З. Основи автоматизації гірничого виробництва : навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2009. 373 с.
5. Технічні засоби автоматизації (Частина 1) / М. В. Лукінюк, В. П. Лисенко, В. Є. Лукін, А. М. Гладкий, С. А. Шворов, А. А. Руденський, А. А. Заверткін. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2017. 569 с.
6. Технічні засоби автоматизації (Частина 2) / М. В. Лукінюк, В. П. Лисенко, В. Є. Лукін, А. М. Гладкий, С. А. Шворов, А. А. Руденський, А. А. Заверткін. Ніжин : Видавець ПП Лисенко М. М., 2018. 455 с.

1. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ ПНЕВМАТИЧНОЇ СТАНЦІЇ ЖИВЛЕННЯ

1.1. Мета роботи

Дослідити схему станції підготовки повітря, засвоїти функціональне призначення складових елементів станції. Визначити статичні характеристики базових пневматичних елементів.

1.2. Теоретичні відомості

Живлення пневматичних приладів та засобів автоматизації здійснюється повітрям під тиском $P_{ж} = 1,4 \cdot 10^5 \pm 0,14 \cdot 10^5$ Па ($1,4 \pm 0,14$ кгс/см²). При цьому повітря повинно бути висушеним та очищеним так, щоб задовольняти наступні вимоги:

- не повинно бути пари води у вигляді крапель;
- точка роси повітря повинна бути на 283°К нижче мінімальної робочої температури;
- тверді домішки та пил повинні складати не більше 0,1 мг/м³;
- розміри частинок твердих домішок повинні бути не більше 0,2 мкм;
- наявність мінеральних масел може бути не більше 30 мг/м³;
- газоподібні кислоти повинні бути відсутніми.

Для забезпечення вказаних вище параметрів пневматичного джерела живлення існують станції (блоки) пневможивлення (рис. 1.1).

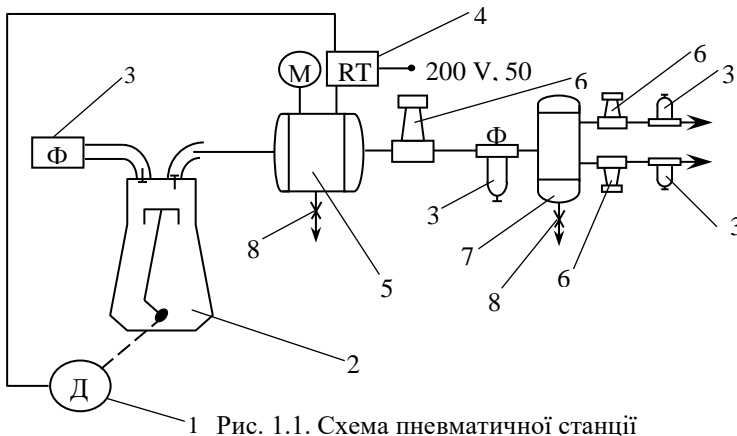


Рис. 1.1. Схема пневматичної станції

1. Двигун приводу компресора; 2. Компресор повітря; 3. Фільтр повітря; 4. Пресостат (електричне реле тиску); 5. Ресивер повітря; 6. Редуктор пневматичний; 7. Ємність накопичувальна; 8. Дренажні кран

В цих станціях компресор за рахунок приводного двигуна (Д) перетворює спожиту енергію в енергію тиску повітря, яке забирається з атмосфери через фільтр 3. Заміна електроенергії на пневматичну дає незаперечну перевагу в безпеці і економічності використання устаткування і інструментів. За

принципом дії і основними конструктивними особливостями розрізняють компресори поршневі, гвинтові (ротаційні), відцентрові, осьові і струменеві. В теперішній час в промисловості найбільш поширені поршневі і гвинтові (ротаційні) компресори.

Енергія тиску накопичується в ресивері 5 (рис.1.1). Ресивер, водночас, згладжує можливі пульсації тиску. Враховуючи, що в процесі витрати повітря може випадати в осадок волога, яка небажана в пневматичних системах в ресивері існує дренажний клапан 8. Значення тиску в ресивері задають за допомогою реле тиску RT (пресостата) 4. Підтримується задане значення тиску шляхом вмикання (вимикання) двигуна компресора.

Враховуючи, що значення тиску в ресивері знаходиться на рівні $0,5 \div 0,8$ МПа, а нормоване значення тиску в пневматичній системі складає $0,14$ МПа на виході з ресивера встановлено редуктор 6, яким встановлюють необхідний тиск живлення незалежно від тиску в ресивері за умови, що $P_{\text{ресивера}} > P_{\text{живлення}}$. Для очистки повітря від сторонніх домішок і вологи на магістралі після редуктора встановлюють фільтр тонкої очистки 3.

З метою зменшення впливу витрат в каналах живлення для кожного із каналів встановлюють незалежні редуктори 6, фільтри 3, та контрольні манометри М, за допомогою яких контролюють тиск живлення.

Поршневі компресори є найпоширенішими в Україні серед встановлених компресорів з продуктивністю до $100 \text{ м}^3/\text{хв}$. (Детальніше про поршневі компресори - https://letiss.com.ua/ua/articles-UA/piston_kompr-is_ua)

Основними перевагами поршневих компресорів є їх помітно нижча вартість в порівнянні з компресорами інших типів, відносна простота виробництва, висока здатність до ремонту. Міжсервісний інтервал поршневого компресора не перевищує 500 робочих годин.

Поршневий компресор в основному складається з робочого циліндра і поршня; має всмоктуючий і нагнітальний клапани, розташовані зазвичай в кришці циліндра. Для передачі поршню зворотного-поступального руху в більшості поршневих компресорів є кривошипний-шатунний механізм з колінчастим валом або кулісний механізм.

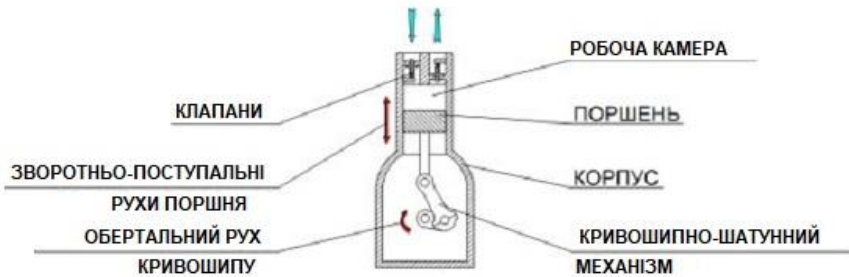


Рис.1.2. Конструктивне виконання поршневого компресора

Поршневі компресори бувають одно- і багатоциліндрові, з вертикальним, горизонтальним, V- або W-подібним або L-подібним розташуванням циліндрів (Для малих компресорів найпоширеніша V-подібна схема. У великих компресорах подвійної дії найпоширеніше L-подібне розташування поршнів.), односторонньої та двосторонньої дії (коли поршень працює обома сторонами), а також одноступінчатого або багатоступінчатого стиснення. У поршневих компресорах зазвичай передбачається автоматичне регулювання продуктивності залежно від витрати стислого газу для забезпечення постійного тиску в нагнітальному трубопроводі.

Існує декілька способів регулювання. Найпростіший з них - переривистим вмиканням, тобто при падінні тиску до рівня нижньої межі в ресивері (у системі) компресор вмикається, і вимикається (гвинтовий компресор переходить в режим холостого ходу) досягши встановленої верхньої межі.

Поршневі компресори по своїх характеристиках мають переваги перед компресорами інших типів в наступних випадках:

- коли потрібна невисока продуктивність;
- коли існують великі перепади в споживанні стислого повітря. Промислові поршневі компресори добре працюють в повторно-короткочасному режимі, забезпечуючи велику економію в порівнянні з гвинтовими.
- коли компресор експлуатується в несприятливих умовах, наприклад: при використанні в установках розфасовки цементу, на вугільних складах або млинах для помелу зерна, або при великих коливаннях температури і т.д. В таких умовах поршневі компресори забезпечують триваліший термін служби і вимагають менших витрат на обслуговування.
- коли компресори використовуються для стиснення агресивних газів і т.п.

Отже, для випадків, коли потрібна невелика (до 200 л/хв) продуктивність і високий (вище 20-30 атмосфер) тиск, поршневі компресори ефективніші і набагато дешевші, ніж компресори інших технологій стиснення за винятком турбокомпресорів, які ефективні при великих потребах в стислому повітрі.

Гвинтові компресори відрізняються від традиційних поршневих принципом роботи. Якщо в поршневому компресорі відбувається ударне стиснення повітря, то гвинтовий компресор нагнітає повітря плавно, за допомогою гвинтової пари.

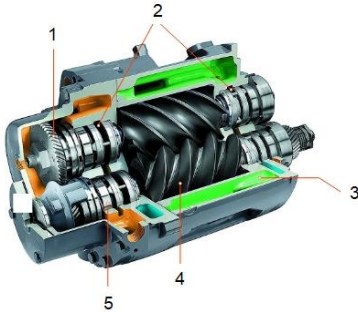


Рис.1.3. Будова гвинтового компресора.

- 1 - Шестерні синхронізації;
- 2 – Ущільнення валу;
- 3 – Сорочка охолодження;
- 4 – Гвинтова пара;
- 5 – Антифрикційні підшипники.

Гвинтова пара засмоктує повітря, обертаючись в масляній ванні, що забезпечує практично повну відсутність тертя. Додаткове масляне ущільнення гарантує герметичність системи, а також ефективний тепловідвід від робочої зони. В результаті - високий ККД ($\approx 92\%$) і незначне перевищення температури (на $10-15^\circ\text{C}$) стислого повітря на виході в порівнянні з температурою на вході. Високі експлуатаційні характеристики і ефективна система масляного охолодження забезпечують цілодобовий режим роботи гвинтового компресора при оптимальній температурі. При цьому система масловідділення, передбачена в стандартній комплектації гвинтових компресорів, забезпечує вміст масла на виході компресора від 1 до 3 $\text{мг}/\text{м}^3$.

В порівнянні з поршневими, гвинтові компресори володіють цілим рядом переваг:

- мають низький рівень шуму і вібрації, малі габарити і вагу і можуть встановлюватися безпосередньо в цехах, де споживається повітря, не вимагають для цього спеціального фундаменту;
- практично не мають витрати масла ($2-3 \text{ мг}/\text{м}^3$), на відміну від великих поршневих компресорів з лубрикаторним мастилом, і тому проводять значно чистіше повітря, що дозволяє використовувати їх для живлення найсучаснішого пневмообладнання;
- оснащені автоматичною системою управління і контролю працездатності, а тому безпечні, не вимагають спостереження за їх роботою, мають велику надійність, здатні на тривалу роботу без обслуговування;
- повітряне охолодження гвинтових компресорів дозволяє відмовитися від громіздкої системи оборотного водопостачання (градирня), і, крім того, дає можливість вторинного використання тепла, що виділяється в результаті роботи компресора, наприклад для обігріву приміщень в зимовий час;
- період безремонтного пробігу для гвинтових компресорів на порядок довший, ніж для стандартних поршневих компресорів;
- гвинтові компресори не потребують спеціально навченого персоналу для постійного спостереження та обслуговування;
- гвинтовий блок в компресорах працює з мінімальним шумом і вібрацією; гвинтовий компресор повністю автоматизований;
- стисле повітря на виході з компресора має мінімальний залишковий вміст

масла;

- гвинтові компресори економічні, споживають менше електроенергії;
- можливість безперервної роботи 24 години на добу;
- значно більший (у 2-3 рази) ресурс роботи.

1.3. Порядок виконання роботи

- Зовнішнім оглядом визначити всі складові станції живлення згідно рис. 2.1. Чітко засвоїти їх функціональне призначення.
- Під'єднати двигун компресора до джерела живлення ≈ 220 В, 50÷60 Гц.
- Перевірити рівень масла в картері компресора згідно міткам на щупі.
- Відкрити дренажний кран ресивера компресора 8.
- Запустити компресор шляхом перестановки ручки пресостата в положення “ON” та закрити дренажний кран ресивера.
- Задати з допомогою редуктора задані викладачем значення тиску, занести їх в табл. 1.1 вимірювань.

Таблиця 1.1.

Положення редуктора	1	2	3	4	5
Тиск, кПа					

1.4. Контрольні питання

1. Призначення станції пневматичного живлення.
2. Технічна характеристика параметрів живлення.
3. Конструктивні складові станції живлення.
4. Переваги поршневих компресорів.
5. Будова поршневих компресорів
6. Види поршневих компресорів.
7. Переваги гвинтових компресорів.
8. Будова гвинтових компресорів
9. Призначення ресиверів та вимоги до них.
10. Призначення редукторів тиску.
11. Призначення пресостата.

2. ДОСЛІДЖЕННЯ БАЗОВИХ ПНЕВМАТИЧНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

2.1. Мета роботи

Визначити статичні характеристики базових пневматичних елементів.

2.2. Теоретичні відомості

Пневматичні технічні засоби автоматизації – це такі технічні засоби автоматизації, носієм енергії в яких є повітря (газ) під тиском.

Стандартним тиском для пневматичних пристроїв є:

- тиск живлення $P_{ж} = 140$ кПа;
- тиск сигналів $P_{сигн.} = 20 \div 100$ кПа.

В якості основного носія інформації в пневмоавтоматиці використовують стиснений газ (повітря). Причому газ може знаходитись в двох станах – нерухомому і рухомому. Як відомо, основними параметрами нерухомого стану є тиск – P , температура – T , об'єм – V , маса – m , для рухомого стану – витрата G , час t . Відомо також, що діючи на механічні елементи газ створює сили N і відносне переміщення h .

Під *елементами* в пневмоавтоматиці розуміють відносно прості функціонально і (чи) конструктивно закінчені частини більш складного пристрою, призначені для виконання однієї порівняно простої операції чи перетворення сигналу.

Базові елементи пневмоавтоматики можна розділити на чотири групи:

- I група – базові елементи для розміщення газу;
- II група – базові елементи для дроселювання руху газу;
- III група – базові елементи для створення зусилля або переміщення;
- IV група – вільний струмінь газу є базовим елементом в пневмоавтоматиці.

Базові елементи для розміщення газу

Пневматичні ємності. Ємності призначені для накопичення стиснутого повітря. Параметри ємності її об'єм V і (іноді) число входів (виходів) потоків повітря. Розрізняють ємності *постійного* і *змінного* об'єму (рис.2.1), причому в останньому випадку об'єм V змінюють вручну. Вхідною координатою є тиск P_1 і витрата G повітря на вході в ємність, вихідною - тиск повітря P чи його маса m в ємності.

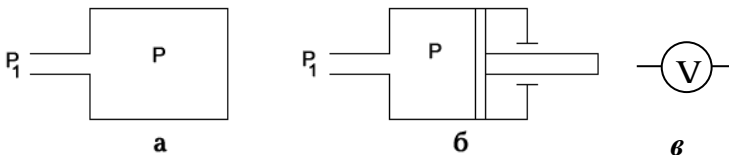


Рис.2.1. Схеми пневматичних ємностей: а – постійного об'єму; б - перемінного об'єму, в- умовне позначення

Ємність використовується як джерело накопичення енергії і як елемент зміни сталих часу інтегруючих та диференціюючих пневматичних ланок. Ємність характеризується швидкістю зміни тиску $\bar{p} = k \cdot G$, де k – стала ємності. Пневмоємність не одержала самостійного застосування, однак у сполученні з дроселями на входах і виходах її широко використовують для побудови проточних і глухих камер.

Пневмопроводи

Пневмопроводи служать для передачі імпульсу тиску чи змін витрати повітря на досить великі відстані L (від декількох метрів до 250—300 м). Пневмопроводи виконують із пластмасових чи металевих трубок внутрішнім діаметром $d=1-8$ мм; іноді пластмасові трубки поєднують у пневмакабелі (рис.2.2, а, б). Пневмопроводи використовують для з'єднання окремих елементів і пристроїв в середині пневматичних приладів ($L \approx 1-2$ м, $d \approx 1-3$ мм), а також для передачі сигналів від первинних перетворювачів до приладів і від регуляторів до мембранних виконавчих механізмів ($L \leq 250-300$ м, $d=4-8$ мм). У першому наближенні пневмопровід можна розглядати як ламінарний дросель типу капіляр. При цьому, потрібно враховувати: значну пневматичну ємність, розподілену по всій довжині L ; великі гідравлічні опори, що утруднюють передачу сигналів.

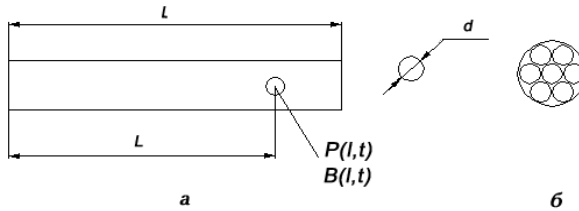


Рис. 2.2. Схеми одиночного пневмопровода (а) і пневмакабеля (б).

Пневмопроводи класифікують на витратні і безвитратні. У *витратних* пневмопроводах завжди є витрата повітря (яка служить характеристикою переданого сигналу) і втрати тиску на подолання сил тертя шарів повітря один об одного і об стінку. При розрахунку витратних пневмопроводів прагнуть зменшити гідравлічний опір потоку повітря, збільшуючи площу прохідного перетину і знижуючи лінійну швидкість. Це веде до збільшення ємності пневмопровода і погіршенню його динамічних характеристик, тому співвідношення діаметра і довжини пневмопровода повинні бути оптимальні.

Найбільше поширення в пневмоавтоматиці одержали *безвитратні* пневмопроводи, призначені для передачі сигналів у вигляді тиску на великі відстані. При зміні тиску P_1 на вході в пневмопровід виникає хвиля ущільнення, що поширюється по всьому об'єму зі швидкістю звуку c і визиває

перетоки (витрати) повітря. Однак, у статичних режимах тиск $P(l,t)=P_1$, і витрата повітря $G(l,t)$ у пневмопроводі дорівнюють нулю.

Базові елементи для дроселювання руху газу

Дроселі. Дроселі (пневоопори) призначені для створення місцевого опору потоку повітря, отже, для зміни його витрати. Тому основною вихідною координатою дроселя є витрата повітря G , а вхідною - тиск повітря до і після дроселя P_1 і P_2 або їхня різниця $\Delta P=P_1-P_2$.

За режимом течії повітря дроселі поділяються на ламінарні, турбулентні і змішані; за способом створення опору - на постійні, регульовані (вручну) і змінні; за виглядом статичної характеристики - на лінійні і нелінійні (рис.2.3).

У *ламінарних* дроселях сталі лінії токів повітря не перетинаються один з одним, швидкість потоку невелика ($Re < 2300$), температура практично постійна. Гідравлічний опір створюється за рахунок сил в'язкого тертя шарів повітря один з одним і зі стінкою каналу. Подібні ламінарні режими спостерігаються в дроселях типу капіляр (рис.2.3, а) з великим відношенням довжини до діаметра (як правило $L/d > 10$).

Для *турбулентних* дроселів характерне інтенсивне хаотичне перемішування ліній токів повітря, великі значення швидкостей і критерію Re , невеликі співвідношення L/d . Гідравлічний опір створюється за рахунок вихроутворень, особливо сильних при звуженні і розширенні струменя повітря. У турбулентних дроселях, наприклад типу жиклер (рис.2.3, а), можуть спостерігатися докритичні (швидкість потоку менше швидкості звуку) і надкритичні (швидкості потоку і звуку рівні) режими.

Розподіл дроселів на ламінарні і турбулентні умовний, тому що режим течії повітря залежить і від конструкції дроселя, і від умов його роботи, зокрема від перепаду тисків ΔP . Дроселі, у яких можливий і ламінарний, і турбулентний режим, називають змішаними.

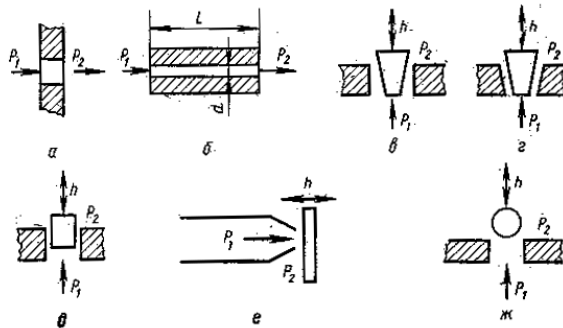



Рис. 2.3. Принципові схеми дроселів: а - жиклер; б - капіляр; в - конус-циліндр; г- конус-конус; д - циліндр-циліндр; е - сопло-заслінка; ж - кулька-циліндр.

У постійних дроселях площа прохідного перетину не міняється; прикладами таких дроселів служать жиклер і капіляр (рис.2.3 а, б). Постійні дроселі (як і всі інші) характеризуються тільки статичними характеристиками, тому що в динамічному відношенні вони є безінерційними ланками: геометричні розміри каналів дроселів дуже малі (наприклад, довжина капіляра не більш 20 мм, діаметр 0,18 чи 0,32 мм), тому всі перехідні процеси, що поширюються зі швидкістю звуку, закінчуються в дроселях практично миттєво.

 – умовне позначення постійного дроселя.

Постійні дроселі поділяються на короткі дроселі, в яких $\frac{l}{d} \approx 2 \div 3$ та довгі дроселі, в яких $\frac{l}{d} \gg 2 \div 3$, де l – довжина, м, d – діаметр, м. Довгі і короткі дроселі відрізняються не тільки розмірами, але й характером руху рідини.

В коротких дроселях має місце два режими витоку (ламінарний і турбулентний), що визначається перепадом тисків: докритичний і надкритичний.

$$\frac{p_2}{p_1} \leq 0,5 \text{ – докритичний режим.}$$

$$\frac{p_2}{p_1} \gg 0,5 \text{ – надкритичний режим.}$$

При надкритичному витоку витрата залежить лише від тиску перед дроселем: $G = \mu F p_1 \sqrt{\frac{\mu}{2g}}$

$$\text{При докритичних режимах: } G = \mu F \sqrt{\frac{2g}{R} p_2 (\Delta p_{(1-2)})}$$

μ – коефіцієнт опору, залежить від опору вхідної кромки дроселя.

$$\mu = \frac{1}{\sqrt{1 + \xi_{ex}}}$$

Профілюючи вхідну кромку дроселів змінюють коефіцієнт опору, а також і витрату.

В постійних довгих дроселях має місце ламінарний рух.


Короткі дроселі можуть працювати, як у надкритичному так і докритичному режимах і використовуються в перетворювачах типу сопло-заслінка.

До регульованих дроселів відносять конус-циліндр, конус-конус, і циліндр-циліндр (рис.2.3, в-д). Переміщення h внутрішніх конусів чи циліндра здійснюється вручну і викликає зміну площі F чи гідравлічного опору кільцевого зазору. У регульованих дроселях можливі турбулентні, ламінарні і

перехідні режими витікання повітря. Статичні витратні характеристики таких дроселів описуються складними нелінійними рівняннями. До регульованих дроселів, що володіють лінійними витратними характеристиками у всьому діапазоні зміни ΔP , відносяться пульсуючі опори.

Змінні дроселі типу сопло-заслінка і кулька-циліндр показані на рис.2.3, е, ж. Переміщення заслінки і кульки здійснюється за допомогою якого-небудь іншого елемента пневмоавтоматики. У дроселі першого типу зміна гідравлічного опору досягається за рахунок сил тертя повітря об сопло і заслінку й ефектів стиску і розширення струменя. Величина h мала (порядку 0,03-0,1 мм), тому дросель чутливий до перекосів і вібрацій заслінки. Дросель другого типу більш надійний, тому що кулька самоцентрується в струмені повітря. Зміна витрати досягається зміною площі F і гідравлічного опору потоку повітря при переміщенні кульки. Для змінних дроселів характерний турбулентний режим течії повітря.

Найбільше поширення в пневмоавтоматиці одержали ламінарні дроселі типу капіляр ($L=20$ мм, $d=0,18$ і $0,32$ мм) і конус-конус, а також турбулентні сопло-заслінка ($h=0,03-0,1$ мм, $d=0,5$ мм) і кулька-циліндр.

 – умовне позначення змінного дроселя.

Базові елементи для створення зусилля або переміщення

Мембрани. Мембрани використовують у пневмоавтоматиці для перетворення тиску повітря в переміщення чи в силу. Мембрани поділяють на пружні і «в'ялі».

Пружні мембрани виконують з тонких металевих пластин (сталь, бронза, латунь). Вони мають досить велику власну твердість, їхні статичні характеристики, що представляють залежність переміщення h центра мембрани чи сили F від тисків P_1 і P_2 чи перепаду $\Delta P = P_1 - P_2$, нелінійні. Застосовують плоскі і гофровані пружні мембрани (рис.2.4, а, б). Наявність гофрів робить статичну характеристику мембрани більш лінійною.

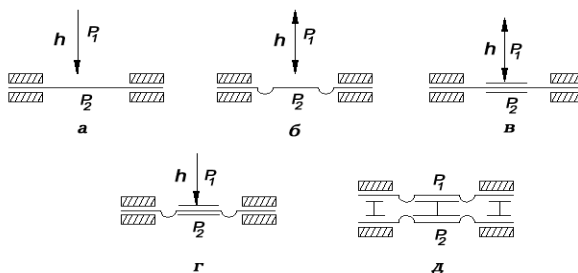


Рис. 2.4. Принципові схеми мембран: а, б -пружної, плоскої і гофрованої; в, г— «в'яля» плоска і гофрована; д — подвійна гофрована.

Пружні мембрани використовують переважно як чутливі елементи в первинних перетворювачах, наприклад у дифманометрах.

«В'ялі» мембрани (мембрани із жорстким центром) виконують із прогумованої тонкої тканини (капрон, шовк, полотно). До них пред'являють дві вимоги - відсутність власної твердості і велика міцність. Ці вимоги випливають з основного призначення «в'ялих» мембран — перетворювати великі перепади тисків (до 105 Па) у силу при дуже малих переміщеннях (порядку сотих часток мм). «В'ялі» мембрани мають металевий твердий центр. Вони можуть бути плоскими гофрованими (рис.2.4, б, г).

Статична характеристика «в'ялої» мембрани представляє залежність сили Φ від перепаду ΔP :

$$\Phi = \Delta P F_e \quad (2.1)$$

де F_e - ефективна площа мембрани, причому завжди $F_e < d_m^2/4$ (d_m - діаметр мембрани, дорівнює діаметру фланців, між якими вона затиснута). Вираз (1) справедливий при малих переміщеннях твердого центра мембрани і знехтує малу твердість самої мембрани.

У загальному випадку F_e залежить від переміщення h .

$$\Phi = \Delta P F_e(h) = \Delta P F_e[h(\Delta P)] \quad (2.2)$$

Для ослаблення залежності F_e від h і зменшення нелінійності функції (2.2) застосовують гофровані мембрани (рис.2.4, г). Однак при зміні знаку ΔP можлива різка зміна положення гофрів («прохлопування»), що впливає на F_e і робить статичну характеристику (2.2) нелінійною. Для запобігання «прохлопуванню» застосовують подвійні гофровані мембрани (рис.2.4. д).

Тонкі «в'ялі» мембрани широко застосовують у різних пристроях пневмоавтоматики, побудованих за принципом порівняння сил (суматори, підсилювачі, повторювачі). Недоліком таких мембран є досить швидка втрата еластичності і зміна статичних характеристик як під час роботи, так і при тривалому збереженні.

У пневматичних виконавчих механізмах широко використовують багатощарові прогумовані мембрани великих діаметрів d_m , призначені для перетворення перепаду ΔP у великі зусилля, необхідні для переміщення регулюючих і запірних органів. У цих мембранах переміщення твердого центра досягає 20-60 мм, що збільшує нелінійність статичної характеристики.

Сильфони. Сильфони призначені для перетворення тиску чи сили в переміщення (рис.2.5.). Вони представляють собою пружні тонкостінні гофровані оболонки (трубки), виготовлені з бронзи з різними присадками чи зі спеціальних сталей. Наявність гофрів дозволяє переміщати днище сильфона на значну відстань (десятки міліметрів) без помітної зміни його характеристик. Вихідна координата сильфона - переміщення h , вхідна - тиск P_1 і P_2 чи їхня різниця ΔP або сила Φ . Сильфони мають досить велику власну твердість (для збільшення якої в них іноді вставляють пружини), тому при малих змінах ΔP їхні статичні характеристики вважаються лінійними:

$$h = \Phi/k_c = F_e(P_1 - P_2)/k_c \quad (2.3)$$

де k_c - коефіцієнт твердості сильфона; F_e - ефективна площа, що практично не залежить від переміщення h . Статична характеристика (2.3) іноді має

гістерезис, зона якого залежить від коефіцієнта твердості, розмірів і числа гофрів і т.д. Для зменшення зони гістерезису застосовують пружини.

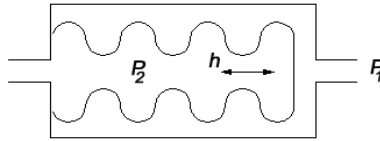


Рис. 2.5. Принципова схема сильфона.

Статичні характеристики сильфонів незначно змінюються в часі, тому сильфони широко застосовують у різних відповідальних пристроях пневмоавтоматики. Як правило, їх використовують для роботи на стиск, тобто при $P_1 > P_2$, однак при малих переміщеннях припустиме застосування сильфонів при $P_1 < P_2$, тобто при роботі на розтяг.

Пружини. Пружини призначені для перетворення сили в переміщення, часто - значне. За формою вони поділяються на циліндричні і профільні (рис.2.6, а, б), за спрямованістю дії - на пружини стиску, розтягу, крутіння і (рідше) вигину. Вихідна координата пружини - переміщення h , вхідна - сила Φ .

Статична характеристика пружин : $h = \Phi/k_n$ (де k_n - коефіцієнт твердості пружини - залежить від матеріалу, діаметра дроту d_1 , діаметра пружини d , числа витків n).

У динамічному відношенні пружина є коливальною ланкою. Як і сильфон, при малих частотах ω пружину можна розглядати як підсилювальну ланка з коефіцієнтом передачі k_n .

На рис.2.6, в показано умовне позначення пружин на принципових схемах пневмоавтоматики.

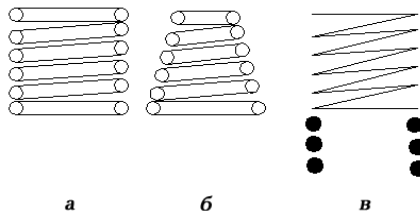


Рис. 2.6. Схеми пружин: а - циліндричні; б - профільної; в - умовне позначення.

Механічні важелі. Важелі представляють собою механічні стержні з однією чи двома осями обертання, що переміщуються в просторі, або закріплені нерухомо (рис.2.7, а, б). Важелі застосовують для підсумовування і підсилення переміщень і зусиль.

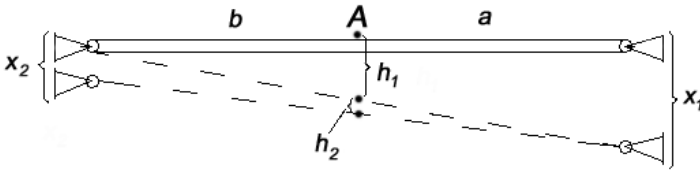


Рис.2.7. Принципові схеми важільних суматорів переміщень (а) і зусиль (б).

Статична характеристика важільного суматора. Важільний суматор переміщень (рис.2.7, а), має дві осі обертання в крайніх точках, кожна з яких може переміщатися на відстань x_1 і x_2 . Результуюче переміщення h деякої точки А дорівнює h_1+h_2 (див. позначення на рис.2.7, а). Використовуючи подібність трикутників, одержимо:

$$h = \frac{b}{a+b}x_1 + \frac{b}{a+b}x_2 = k_1x_1 + k_2x_2 \quad (2.3)$$

Схема важільного суматора зусиль показана на рис.2.7, б. Він одночасно виконує функції перетворювача сил у переміщення. Прикладемо до важеля в двох різних точках дві сили Φ_1 і Φ_2 , під дією яких він буде повертатися відносно осі і стискати пружину зворотного зв'язку. Рівновага важеля можлива при рівності моментів сил: $\Phi_1b-\Phi_2(c+b)-\Phi a=0$. Звідси знаходять результуючу силу Φ , яка розвивається пружиною: $\Phi=[\Phi_1b-\Phi_2(c+b)]/a$.

У свою чергу, $\Phi = k_n h$ (де k_n - коефіцієнт жорсткості пружини, h - переміщення її під дією сил Φ_1 і Φ_2). Рівняння статики перетворювача сил у переміщення:

$$h=[\Phi_1b-\Phi_2(c+b)]/a k_n$$

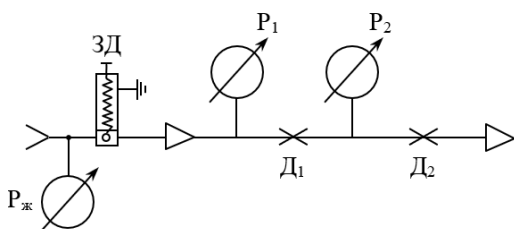
2.3. Програма роботи

1. Встановити конструктивне та функціональне призначення базових елементів: постійного дроселя, змінного дроселя, пневматичної ємності, мембранного блоку та гнучкого тіла.
2. Дослідити статичні характеристики кожного із базових елементів.
3. Визначити функції пристроїв при різних з'єднаннях базових елементів.

2.4. Порядок виконання роботи

- Зібрати схеми дослідження кожного із базових елементів.
- Дослідити параметри кожного із базових елементів.
- Побудувати статичні характеристики.

Схема установки для дослідження роботи постійних дроселів



$P_{ж}$ - тиск живлення (140 кПа)
 ЗД – задавач тиску на вході
 P_1, P_2 – прилади вимірювання тиску
 D_1, D_2 – дроселі (постійні)

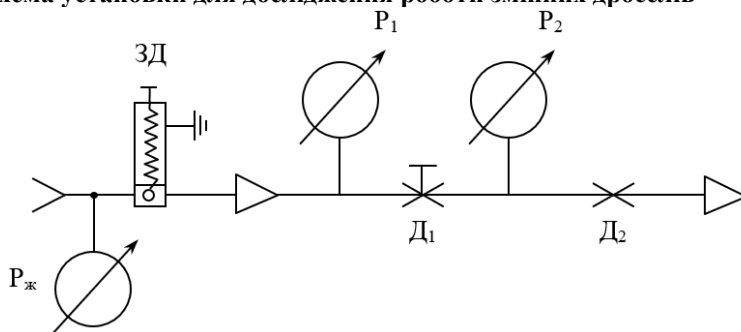
Порядок проведення дослідіду:

Для дослідження статичної характеристики постійного дроселя встановлюють тиск живлення на вході установки 140 кПа, з допомогою задавача змінюють тиск P_1 перед дроселем D_1 і фіксують значення тиску P_2 після дроселя D_1 . Дані заносять в таблицю 2.1.

Таблиця 2.1. Значення параметрів постійного дроселя

P_1 , кПа	20	40	60	80	100
P_2 , кПа					

Схема установки для дослідження роботи змінних дроселів



Порядок проведення дослідіду.

Встановлюють заданий викладачем тиск P_1 на вході змінного дроселя. Змінюючи кут повороту змінного дроселя фіксують тиск P_2 на його виході. Дані дослідження записують в таблицю 2.2.

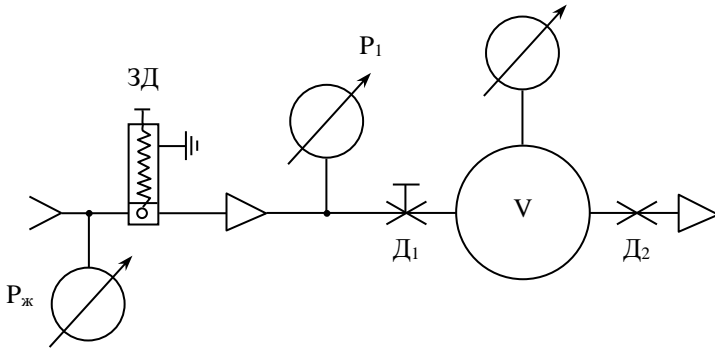
Таблиця 2.2. Значення параметрів змінного дроселя

ФД1					
P_1 , кПа					
P_2 , кПа					

Схема установки для дослідження роботи пневматичної ємності

Порядок проведення досліджу.

$V_{const} = \text{_____}$ (см³), $t_{max} = \text{_____}$ (с).

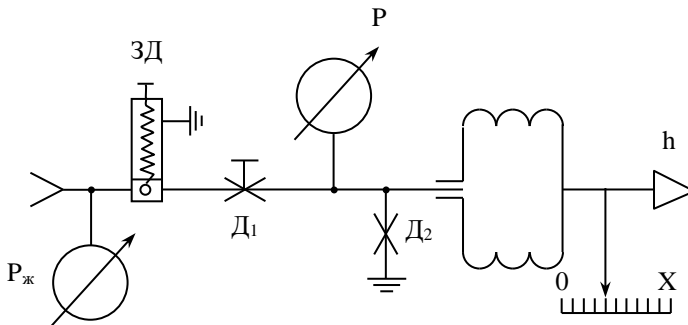


По аналогії з попереднім дослідом змінюють ступінь закриття змінного дроселя D_1 і фіксують зміну тиску P_2 в ємності. Фіксують час до стабілізації тиску P_2 . Дані дослідження роботи ємності записують в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3. Значення параметрів ємності

P_1 , кПа					
P_2 , кПа					
Час, с					

Схема установки для дослідження роботи сільфона



Порядок проведення дослідів.

Змінюють провідність змінного дроселя та фіксують переміщення сильфона h .

Таблиця 2.4. Значення параметрів сильфонного блоку

P, кПа					
h, мм					

За результатами дослідів будують відповідні графічні залежності, на підставі яких роблять висновки стосовно властивостей кожного із базових елементів.

2.5. Контрольні питання

1. Назвіть групи базових пневматичних елементів.
2. Постійні дроселі та їх характеристика.
3. Змінні дроселі та їх характеристика.
4. Пневматична ємність, пневмопроводи.
5. Поясніть властивості сильфонів.
6. Мембрани та їх характеристики.
7. Пружини та важелі. Їх характеристика.

3. ДОСЛІДЖЕННЯ РОБОТИ МЕМБРАННИХ ПНЕВМАТИЧНИХ БЛОКІВ В РЕЖИМІ ПОЗИЦІЙНОГО РЕГУЛЯТОРА ТА В РЕЖИМІ ВИКОНАННЯ ПРОСТИХ АРИФМЕТИЧНИХ ОПЕРАЦІЙ

3.1. Мета роботи

Дослідити роботу пневматичних позиційного регулятора та пристрою виконання простих алгебраїчних операцій на базі трьохмембранного та семимембранного блоків.

3.2. Теоретичні відомості

Вітчизняні пневматичні засоби автоматизації базуються переважно на універсальній системі елементів промислової пневмоавтоматики (УСЕППА), комплексі мініатюрних елементів і модулів пневмоавтоматики (КЕМП), і – частково на системі елементів струминної техніки.

Мембранні блоки елементів УСЕППА - це алюмінієві секції, габаритні розміри яких у середньому $40 \times 40 \times 50$ мм (лінійні розміри елементів КЕМП зменшені в 1,5- 2 рази), розділені між собою гнучкими резинотканинними мембранами з жорсткими центрами, які з'єднані між собою. В результаті утворюються камери, які позначаються прописними буквами алфавіту (А, Б, В, ...). В крайні камери вмонтовані капіляри, які в поєднанні з жорсткими центрами мембран утворюють елементи типу “сопло–заслінка” і позначаються буквами c_1 і c_2 . Одне із цих сопел з'єднане з джерелом живлення $P_ж$, а інше з атмосферою. Мембрани з жорсткими центрами мають різну ефективну площу і відповідні їм камери мають різні знаки напрямку зусиль.

Розглянемо принцип роботи пневматичних блоків на прикладі трьох мембранних блоків (рис. 3.1). Вони є основою для побудови елементів порівняння, релейних пристроїв, логічних елементів різної логіки, та ін.

Схематично вони виглядають:

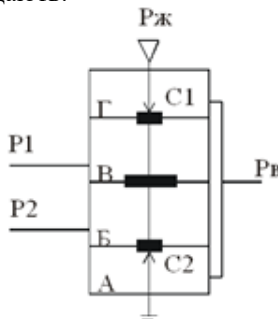


Рис.3.1. Схема пневматичного трьохмембранного блоку

На рис. 3.1. зображений блок з трьома мембранами різної ефективної площі: $F_{БВ} > (F_{АБ} = F_{ВГ})$: камери А і Г – проточні; Б і В – глухі.

Торці мембранного блоку є заслінками сопел C_1 і C_2 .

Рівняння статики мембранного блоку має вигляд:

$$+P_a \cdot F_{\bar{b}a} - P_{\bar{b}} \cdot F_{\bar{b}a} + P_{\bar{b}} \cdot F_{\bar{b}b} - P_{\bar{b}} \cdot F_{\bar{b}b} + P_{\bar{b}} \cdot F_{\bar{b}2} - P_2 \cdot F_{\bar{b}2} = 0$$

Якщо до сопла С₁ підвести тиск живлення Р_{жж}, виходи з'єднати між собою (охопити зворотним зв'язком), а сопло 2 з'єднати з атмосферою Р_а, то рівняння рівноваги буде мати вигляд:

$$P_{вих} = P_2 - P_a$$

$$P_2 \times F_{\bar{b}2} - P_1 \times F_{\bar{b}2} + P_1 \times F_{\bar{b}b} - P_2 \times F_{\bar{b}b} + P_2 \times F_{\bar{b}a} - P_a \times F_{\bar{b}a} = 0$$

$$P_{вих} = P_1 - P_2$$

Дана принципова схема дозволяє створити елемент порівняння. Це є аналоговий пристрій статична характеристика якого приведена на рис. 3.2. В даному 3-мембранному блоці має місце від'ємний зворотний зв'язок.

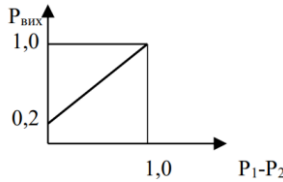


Рис.3.2. Статична характеристика трьохмембранного блоку з від'ємним зворотнім зв'язком

Якщо даний трьохмембранний блок охопити додатнім зворотнім зв'язком, то отримаємо схему приведену на рис.3.3, який має релейну статичну характеристику (рис. 3.4).

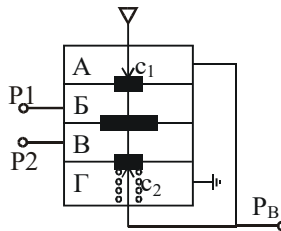


Рис.3.3. Схема пневматичного трьохмембранного блоку охопленого додатнім зворотнім зв'язком

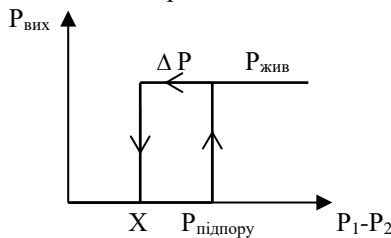


Рис.3.4. Статична характеристика трьохмембранного блоку з додатнім зворотнім зв'язком

Якщо сигнали P_1 і P_2 – відсутні, а подано тиск живлення $P_{ж}$, то має місце невизначеність. Для усунення невизначеності блок підпружинюють. Інколи замість пружини в камеру Б нагнітають тиск, який в цьому випадку має назву тиску підпору. Якщо $P_1 > P_2$, то сопло C_2 закрито жорстким центром мембрани, а сопло C_1 відкрите, якщо $P_1 < P_2$, то навпаки.

Отже, така схема вмикання працює як пневматичне реле.

Змінюючи тиск підпору, ми змінюємо параметри спрацювання реле, де X - точка відпускання, ΔP - зона нечутливості.

На основі трьохмембранних блоків будують логічні елементи. Для побудови логічних елементів трьохмембранні блоки охоплюють додатково зворотнім зв'язком (рис. 3.5).

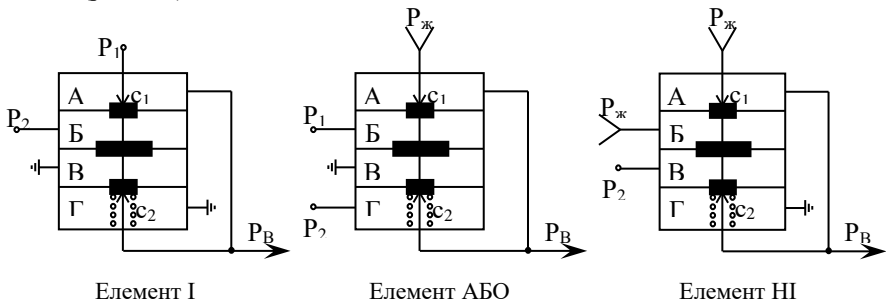


Рис.3.5. Пневматичні логічні елементи

Розглянемо роботу логічного елемента «НІ». Якщо $P_2 = \langle 0 \rangle$, то $P_{ж} * \Delta F = 0$, отже сопло C_2 – закрито, C_1 – відкрите і на виході $P_{вих} = P_{жвкл.} = \langle 1 \rangle$. Якщо $P_2 = \langle 1 \rangle$ тоді сопло C_2 – відкрите, C_1 – закрито і на виході отримуємо $P_{вих} = \langle 0 \rangle$, тобто блок працює в режимі логічного елемента «НІ».

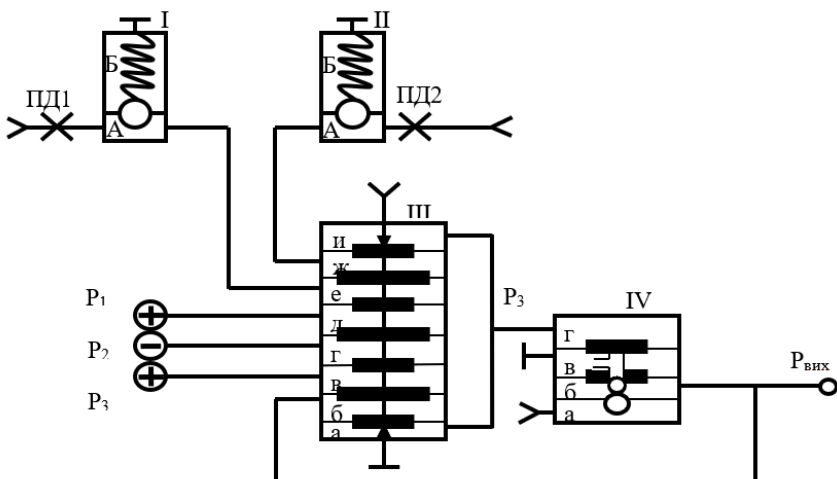
Шляхом поєднання пневматичних блоків різного конструктивного виконання отримують складні пристрої: регулятори, функціональні пристрої.

Прилад функціонального пристрою – виконання простих алгебраїчних операцій, який входить в систему приладів СТАРТ (система автоматичних регуляторів побудована на елементах УСЕППА) наведено на рис.3.6.

Прилад призначений для здійснення алгебраїчного додавання трьох пневматичних сигналів, два з яких зі знаком “плюс” та один зі знаком “мінус”.

Прилад може бути використаний для множення на два одного сигналу та ділення на два одного або суми двох сигналів.

Дія приладу найпростіших алгебраїчних операцій базується на принципі силової компенсації. Вхідні пневматичні сигнали, що належать алгебраїчному додаванню, в вигляді тиску поступають в камери сумуючого елемента III. сумарне зусилля, що розвивається цими тисками в мембранному вузлі елемента III, вирівнюється зусиллям вихідного тиску від джерела живлення в камері від’ємного зворотного зв’язку. Вихідний тиск може бути змінений на постійну величину з допомогою здавачів, вбудованих в прилад.



Умовні позначення:

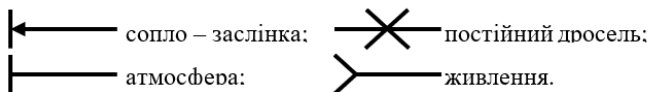


Рис.3.6. Принципова схема 7- мембранного блоку в режимі простих арифметичних операцій

Прилад найпростіших алгебраїчних операцій побудований на елементах УСЕППА. Він складається з елементів аналогової техніки: двох задавачів (I, II), підсумовуючого елемента (III), підсилювача потужності (IV), пневматичних опорів – двох постійних дроселів (ПД1, ПД2). Всі елементи приладу монтуються на платі з органічного скла з допомогою гвинтів. Плата кріпиться на металевій рамі, яка монтується на основі приладу. Функцію алгебраїчного додавання пневматичних сигналів виконує елемент III, в камери В, Г, Д якого поступають вхідні сигнали P_1, P_2, P_3 від вимірювальних приладів, а в камеру Е та Ж сигнали P_{c1} і P_{c2} від задавачів I, II. Створені при цьому зусилля переміщують мембранний вузол елементу III в бік або сопла живлення, або сопла з'єднаного з атмосферою, в залежності від напрямку результуючого зусилля. В результаті тиск на виході елементу III буде змінюватись. Підсилюючись по тиску на елементі IV, цей сигнал поступає на вихід приладу та в камеру зворотного зв'язку БIII. Враховуючи, що всі мембрани мають однакові ефективні площі (F - площа великої мембрани, f - площа малої мембрани), рівняння елементу III в стані рівноваги можна представити у вигляді:

$$P_1 - P_2 + P_3 - P_{c1} + P_{c2} = 0, \text{ звідки}$$

$$P_{вих} = P_1 - P_2 + P_3 - P_{c1} + P_{c2}$$

Якщо використовують не всі камери елементу III то неробочі штуцери закривають заглушками. Сигнали тиску, які додаються або віднімаються знаходяться в межах від 0,2 до 1 кгс/см² (20-100 кПа). Сигнали тиску, що подаються від задавачів, є постійними.

Сигнал тиску P_3 , що подається в камеру Γ_{IV} діє на мембранний вузол, який, прогинаючись відкриває кульковий клапан, з'єднуючи вихідну камеру B_{IV} з джерелом живлення. В зв'язку з рівністю площ мембран, в камері B_{IV} відпрацьовується тиск, рівний тиску в камері Γ_{IV} .

Деякі з операцій, які можна здійснити з допомогою приладу найпростіших алгебраїчних операцій наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

№ п.п	Вид операції	Математичний вираз	Примітка
1	Алгебраїчне додавання	$P_{\text{вих}} = P_1 - P_2 + P_3 - P_{c1} + P_{c2}$ $P_{\text{вих}} = P_1 + P_3 + P_{c2}$ $P_{\text{вих}} = P_1 - P_2 - P_{c1}$	
2	Ділення на два	$P_{\text{вих}} = \frac{P_1 + P_3 + P_{c2}}{2}$ $P_{\text{вих}} = \frac{P_1 + P_{c2}}{2}$ $P_{\text{вих}} = \frac{P_3 + P_{c2}}{2}$	Вихідний сигнал подається в мінусову камеру Γ_{III}
3	Множення на два	$P_{\text{вих}} = 2P_1 + P_{c2}$ $P_{\text{вих}} = 2P_3 + P_{c2}$	Вихідний сигнал подається в обидві плюсові камери
4	Зміна знаку	$P_{\text{вих}} = -P_2 + P_{c2}$ $P_{\text{вих}} = P_3 + P_{c1}$	

Даний прилад забезпечує передачу пневматичних сигналів на відстань до 300 м. Тиск живлення 1,4 кгс/см² (140 кПа). Основна допустима похибка приладу не перевищує 1% від максимального вихідного тиску. Максимальна витрата повітря – 5 нл/хв. Прилад використовують в пожежо- та вибухонебезпечних приміщеннях. При експлуатації приладу необхідно слідкувати за герметичністю ліній зв'язку. Лінії зв'язку та лінії живлення повинні виконуватись мідними, латунними, пластикатовими або алюмінієвими трубками.

3.3. Програма роботи для дослідження роботи трьохмембранного блоку

1. Зобразити принципову схему вмикання трьохмембранного пневматичного блоку для забезпечення двопозиційного регулювання.
2. Описати призначення елементів схеми.
3. Здійснити монтаж елементів згідно схеми.
4. Дослідити залежність між $P_{вих}$ і $P_Д$ при $P_{зм} = const$.
5. Побудувати статичні характеристики для двох значень тиску зміщення $P_{зм}$.

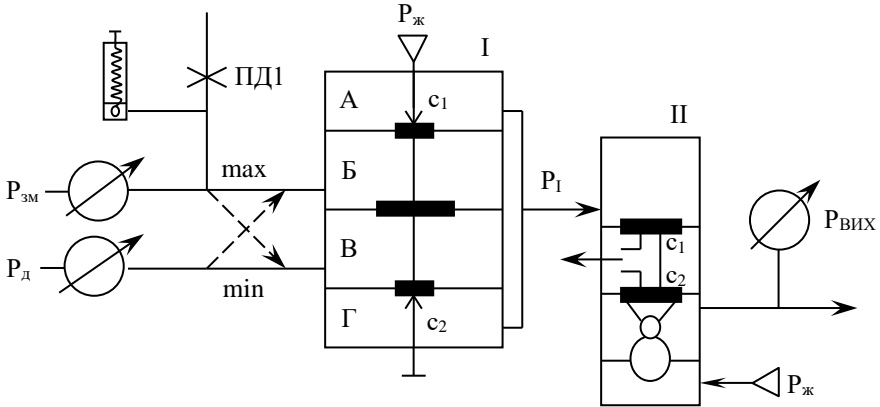


Рис. 3.7. Схема вмикання трьохмембранного блоку для забезпечення позиційного регулювання

- I – трьохмембранний блок;
- II – підсилювач потужності;
- ЗД – задавач підпору (зміщення).

Порядок виконання роботи

Зібрати схему установки згідно рис. 3.7, змінюючи $P_{зм}$ і $P_Д$ визначити $P_{вих}$, дані занести в таблиці 3.2, 3.3.

Таблиця 3.2.

Значення параметрів при налаштуванні на мінімум

$P_{зм}$, кПа					
$P_Д$, зростає, кПа					
$P_{вих}$, кПа					
$P_{зм}$, кПа					
$P_Д$, зменшується, кПа					
$P_{вих}$, кПа					

Таблиця 3.3.

Значення параметрів при налаштуванні на максимум

Рзм, кПа					
Рд, зростає, кПа					
Рвих, кПа					
Рзм, кПа					
Рд, зменшується, кПа					
Рвих, кПа					

За даними дослідів побудувати статичні характеристики.

3.4. Програма роботи для дослідження 7-ми мембранного блоку в режимі простих арифметичних операцій:

- 1.Зобразити принципову схему.
2. Описати призначення основних елементів.
3. Змонтувати схему, зняти параметри.
4. Визначити значення $P_{вих}$.

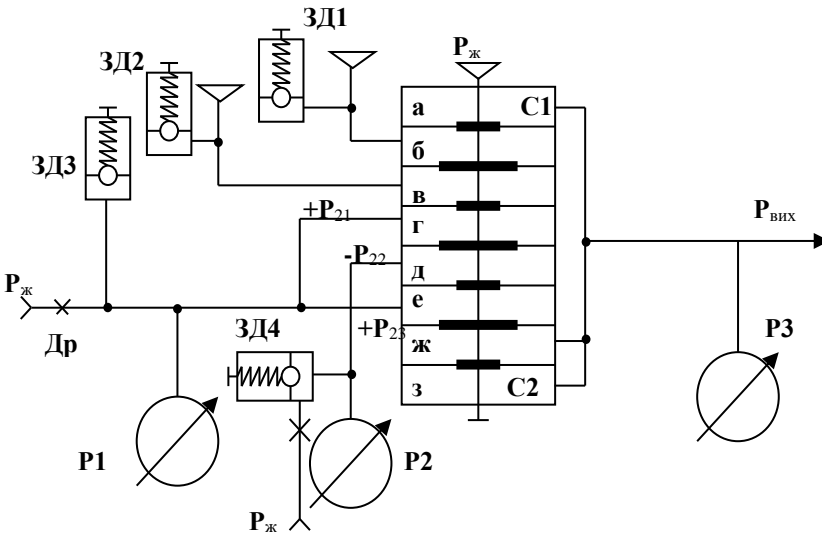


Рис. 3.8. Принципова схема пневматичного 7- мембранного блоку: $P_{ж}$ – тиск живлення; ЗД₁ – ЗД₄ – задавачі підпору (зміщення); а,б,в,г,д,е,ж,з – мембранні камери; С1, С2 – сопла; P₁, P₂, P₃ – прилади контролю сигналів (манометри).P₂

Хід роботи:

Перевірити наявність тиску живлення і встановити значення 140 кПа. З допомогою задавача ЗД4 встановити тиски, послідовно 20; 40; 60; 80; 100 кПа і записати значення вихідного сигналу $P_{вих}$.

Розрахувати $P_{вих}$ із виразу $P_{вих} = P_1 + P_2$, якщо розрахункове значення $P_{вих}$ не відповідає експериментальному, то з допомогою задавачів зсуву змістити $P_{вих}$ до межі при якій розрахункове і експериментальне значення співпадає. Дослід повторити згідно таблиці 3.4.

Для перевірки роботи блоку в режимі ділення (множення) на 2 здійснюють пере комутацію вхідних та вихідних сигналів згідно таблиці 3.5 і перевіряють відповідність вихідного тиску виразам:

$$P_{вих} = \frac{P_1 + P_2}{2};$$

$$P_{вих} = 2P_1 + P_2$$

Таблиця 3.4

$P_{вх21(+)}23$						
$P_{22(-)}$						
$P_{вих}$						

Таблиця 3.5

$P_{вх21(+)}23$						
$P_{вх22(-)}$						
$P_{вих}$						

За даними дослідів вирахувати величини абсолютної та відносної похибки операцій, які досліджувались

3.5. Контрольні питання

1. Поясніть будову трьохмембранного блоку.
2. Запишіть рівняння статички трьох- та семимембранного блоків.
3. Поясніть режими роботи трьохмембранного блоку.
4. Чим визначається чутливість блоків.
5. Вкажіть значення тиску живлення і вхідних та вихідних сигналів.
6. Зобразіть схему пневматичного логічного елемента “НІ” та поясніть принцип дії.
7. Зобразіть схему пневматичного логічного елемента “АБО” та поясніть принцип дії.
8. Зобразіть схему пневматичного логічного елемента “І” та поясніть принцип дії.
9. Як релейний трьохмембранний блок перетворити в пропорційний.
10. Вкажіть додатні та від’ємні камери в семимембранному блоці.
11. Яке призначення сопел c_1 та c_2 ?
12. Які функції може здійснювати семимембранний блок ?
13. Як здійснюють ділення сигналу на два ?
14. Як здійснюють множення сигналу на два ?

4. ДОСЛІДЖЕННЯ ПНЕВМО-ЕЛЕКТРИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

4.1. Мета роботи. Дослідити основні характеристики пневмо-електричних перетворювачів.

4.2. Теоретичні відомості.

Перетворювач пневматичний аналоговий ППЕ-2 (далі – перетворювач) (рис. 4.1) призначений для пропорційного перетворення уніфікованого пневматичного неперервного сигналу в уніфікований електричний неперервний сигнал. Перетворювач використовується для зв'язку пневматичних аналогових приладів і обладнання з електронними машинами і електричними приборами і обладнанням Державної системи приладів.

По захищеності від впливу пилу перетворювач відповідає виконанню П1, від впливу води виконанню В1.

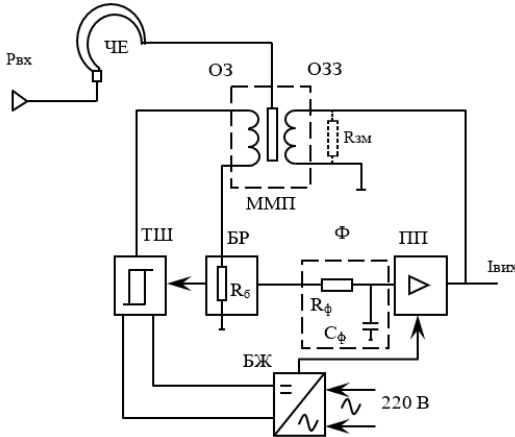


Рис. 4.1. Принципова схема пневмо-електричного перетворювача сигналів ППЕ-2:

БЖ – блок живлення, перетворює змінну напругу у двополярну напругу постійного струму;

ТШ – тригер Шмітта;

ЧЕ – чутливий (сприймаючий) елемент, (перетворює тиск в переміщення);

ММП – магніто-модуляційний перетворювач;

ОЗ – обмотка збудження;

ОЗЗ – обмотка зворотного зв'язку;

БР – баластний резистор;

Ф – фільтр;

ПП – підсилювач потужності;

$I_{вих}$ – вихідний сигнал (струмовий 0 - 5 мА, 0 – 20 мА або 4-20 мА).

$R_{зм}$ – опір навантаження.

За стійкістю до впливів кліматичних факторів зовнішнього середовища перетворювачі мають слідуєчи виконання:

УХЛ 3.1 – для мікрокліматичних районів з помірним і холодним кліматом (УХЛ), для експлуатації в нерегулярно опалювальних приміщеннях (категорія розміщення 3.1);

ТВЗ – для мікрокліматичного району з вологим тропічним кліматом (ТВ), для експлуатації в закритих приміщеннях (об'ємах) з природною вентиляцією без штучно регульованих кліматичних умов (категорія розміщення 3);

ТСЗ – те ж саме, що і в ТВЗ, але для районів з сухим тропічним кліматом.

Перетворювач призначений для експлуатації в умовах, наведених в табл.4.1.

Таблиця 4.1.

Умови експлуатації	Виконання		
	УХЛ 3.1	ТВЗ	ТСЗ
1. Температура, °C	Від мінус 10 до плюс 50	Від плюс 1 до плюс 50	Від мінус 10 до плюс 55
2. Відносна вологість, % при температурі	Від 30 до 80 плюс 35°C	До 98% плюс 35°C	До 80% плюс 25°C
3. Вібрація: частота, Гц амплітуда, мм	До 25 до 0.1	До 25 до 0.1	До 25 до 0.1
4. Магнітні поля постійні або змінні 50 Гц, А/м	До 400	До 400	До 400

Технічні дані

Вхідний сигнал перетворювача – пневматичний аналоговий сигнал 20 – 100 кПа (0.2 – 1.0 кгс/см²).

Вихідний сигнал – 0 - 5, 0 - 20 або 4 - 20 мА постійного струму.

Залежність між вхідним і вихідним сигналом лінійна.

Межа допустимої основної похибки перетворювача не перевищує ± 1 від номінального діапазону зміни вихідного сигналу ($\pm 0.5\%$ по особливому замовлення).

Варіація вихідного сигналу перетворювача не перевищує 0.5(1.0) абсолютного значення межі допустимої основної похибки.

Опір навантаження $R_{зм}$, враховуючи опір лінії зв'язку не більше 1кОм – для перетворювача з верхнім граничним значенням вихідного сигналу 20мА і не більше 2.5кОм – для перетворювача з верхнім граничним значенням вихідного сигналу 5мА.

Електричне живлення перетворювача здійснюється змінним однофазним струмом з напругою 220 або 240В при відхиленні від мінус 15 до плюс 10% і частотою 50 або 60Гц при відхиленні від мінус 2 до плюс 2% з коефіцієнтом вищих гармонік до 5%.

Потужність, споживана перетворювачем, не перевищує 6ВА.

Середній ресурс перетворювача не менше 40000 годин.

Середній термін роботи перетворювача складає 8 років.

Маса перетворювача не більше 3,5 кг.

Будова і принцип дії

Перетворювач виконаний по функціональній схемі, приведеній на рис.4.1, яка складається із наступних вузлів:

1 – пружний чутливий елемент;

2 – магнітотуляційний перетворювач ММП;

3 – тригер Шмідта;

4 – баластний резистор;

5 – підсилювач постійного струму у вигляді активного фільтра і підсилювача потужності;

6 – джерело живлення.

Принцип дії перетворювача ППЕ. Тиск вхідного пневматичного сигналу з допомогою пружного чутливого елемента перетворюється в пропорційне переміщення постійного магніту, який є важелем магнітотуляційного перетворювача (ММП).

ММП представляє собою керований дросель, спеціальне стрічкове осердя якого, маючи розподілений немагнітний зазор, сприймає потік розсіювання постійного магніту.

Сигнал, пропорційний переміщенню важеля ММП, виділяється на балансовому резисторі в колі його обмотки збудження, який отримує живлення від виходу тригера Шмідта.

Постійна складова цього сигналу виділяється активним фільтром, підсилюється підсилювачем потужності і в вигляді уніфікованого сигналу постійного струму поступає в навантаження. Частина вихідного струму відводиться в обмотку зворотного зв'язку (ЗЗ) керованого дроселя, яка створює в його осерді магнітний потік, що компенсує дію постійного магніту.

Тригер Шмідта має симетричну відносно нуля петлю гістерезиса.

Конструктивно перетворювач складається з вузла пружного чутливого елемента тиску, магнітотуляційного перетворювача ММП і плати підсилювача. Всі вузли перетворювача розміщені в алюмінієвому корпусі, що закривається кришкою.

В якості пружного чутливого елемента тиску в перетворювачі використана трубчата манометрична пружина (трубка Бурдона).

Для захисту від зовнішніх магнітних полів ММП має циліндричний екран з магнітом'якої електротехнічної сталі.

Порядок встановлення і монтажу

Робоче розміщення перетворювача - вертикальне.

Перетворювачі розраховані на стиснений монтаж в вертикальній площині щита в закритому вибухобезпечному і пожежобезпечному приміщенні. Оточуюче середовище не повинно містити домішок агресивних парів і газів, фізичні параметри середовища повинні відповідати умовам експлуатації.

Враховуючи те, що перетворювач - це безшкальний пристрій і не потребує за собою постійного нагляду, монтаж його можна проводити як на щиті так і за щитом. Місце встановлення повинно бути освітлене і зручне для обслуговування.

Перетворювачі повинні монтуватись у вертикальному положенні з відхиленням не більше 5° і кріпитись чотирма болтами.

На місці встановлення перетворювача вібрація не повинна перевищувати 25 Гц за частотою і 0,1 мм по амплітуді.

В процесі експлуатації перетворювачів необхідно слідкувати за герметичністю пневмотраси.

Через 30 хв. після підключення живлення і тиску, що відповідає початку діапазону зміни вхідного сигналу з допомогою коректора нуля провести встановлення вихідного сигналу на “нуль”. Установку на “нуль” провести з похибкою не більше 0,2 абсолютного значення межі допустимої основної похибки перетворювача.

Напруга, що вимірюється в контрольних гніздах ЧЗ, Ч4 повинна змінюватись в таких межах:

0-50мВ – для діапазону зміни вхідного сигналу 0-5мА;

0-200мВ – для діапазону зміни вхідного сигналу 0-20мА;

40-200мВ – для діапазону зміни вхідного сигналу 4-20мА.

Після відпрацювання 2000 годин перевірити основну похибку перетворювача.

Таблиця 4.1.

Розрахункові значення вхідних і вихідних сигналів

Вхідний сигнал, %	0	20	40	60	80	100
Вхідний сигнал, кПа (кгс/см ²)	20 (0,2)	36 (0,36)	52 (0,52)	68 (0,68)	84 (0,84)	100 (1,0)
Вихідний сигнал, %	0	20	40	60	80	100
Вихідний сигнал, мА 0-5мА	0	1	2	3	4	5
Вихідний сигнал, мА 0-20мА	0	4	8	12	16	20
Вихідний сигнал, мА 4-20мА	4	7,2	10,4	13,6	16,8	20

Перетворювач ПЕП-11 призначений для пропорційного перетворення надлишкового тиску стиснутого повітря, що надходить від пневматичних пристроїв тиску, розрідження, різниці тиску, рівня і щільності рідини в уніфікований аналоговий сигнал постійного струму або напруги. Перетворювач **застосовується** для контролю технологічних процесів у електротермічній, енергетичній, металургійній, хімічній, харчовій і іншій галузях промисловості національної економіки.

ПЕП-11 призначений як для автономного, так і для системного використання в АСУ ТП, в енергетиці, металургії, хімічній і іншій галузях промисловості.



За стійкістю до кліматичного впливу ПЕП-11 відповідає виконанню групи 4 згідно з ГОСТ 22261, але для роботи при температурі від мінус 40 °С до + 70 °С.

Технічні характеристики

Основні технічні характеристики ПЕП-11 приведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2

Технічні характеристики ПЕП-11

Назва параметра і розмір	Одиниці вимірювання	значення
1. Кількість незалежних каналів	шт.	1
2. Робочий діапазон зміни вхідного сигналу	кПа	0 – 10 0 – 50 0 – 100 20 – 100 0 – 200
3. Максимально припустимий тиск для діапазону (кПа): 0 – 10, 0 – 50 0 – 100, 20 – 100 0 – 200	кПа	75 200 400
5. Опір навантаження для вихідного сигналу: 0-5 мА 0-20 мА, 4-20 мА 0-10 В	Ом	Не більш 2000 Не більш 500 Не менше 2000
6. Найбільша похибка перетворення вхідного сигналу, виражена у відсотках від номінального діапазону зміни вихідного сигналу не перевищує для діапазону (кПа): 0 – 10	%	

0 – 50, 0 – 200 0 – 100, 20 – 100		>1,0 >0,5 >0,25
7. Напруга живлення	В	220 (+22, -33) змінного струму; 24 (+4, -4) постійного струму
8. Споживана потужність для напруги живлення 220 В	ВА	Не більш 3
9. Струм споживання для напруги живлення 24 В	мА	Не більш 50

Середній час роботи на відмову з урахуванням технічного обслуговування не менше 100 000 годин.

Середній час відновлення працездатності ПЕП-11 біля 2-ох годин.

Середній термін експлуатації не менш 10 років.

Мінімально припустимий електричний опір ізоляції перетворювачів між електричними ланцюгами і заземленням при температурі навколишнього середовища 20 ± 5 °С і відносної вологості повітря до 80 % не перевищує 20 МОм.

Величина пульсації вихідного струму не перевищує 0,25 % від верхньої межі зміни вихідного сигналу.

Будова і принцип роботи перетворювача ПЕП 11

Перетворювач складається з литого ударостійкого пластмасового корпусу.

На задній стінці перетворювача встановлені захвати для монтажу на DIN рейку (DIN35x7,5 EN50022).

На передній панелі перетворювача розташований: індикатор наявності напруги живлення і з'єднання пластикових трубок з накидною гайкою для подачі вхідного сигналу тиску; на верхній стінці приладу розташовані роз'єми підключення вихідних ланцюгів і ланцюгів живлення.

Блок-схема перетворювача приведена на рис. 4.2.

Тиск Р пневматичного вхідного сигналу перетворюється на чутливому елементі тиску (1) в електричний сигнал постійної напруги. У чутливому елементі є тензорезистори, з'єднані з вимірювальним мостом, що живиться від джерела постійної напруги (2). Пропорційний тисковий сигнал постійної напруги підсилюється у вимірювальному підсилювачі (3) до встановленого рівня вихідного сигналу.

Живлення перетворювача здійснюється напругою змінного струму 220В, 50 Гц або постійного та змінного струму 24 В у залежності від виконання перетворювача. З клем живлення надходить на імпульсний перетворювач. Імпульсний перетворювач формує всі необхідні напруги для живлення

перетворювача, а також виконує функцію гальванічної розв'язки перетворювача від ланцюгів живлення.

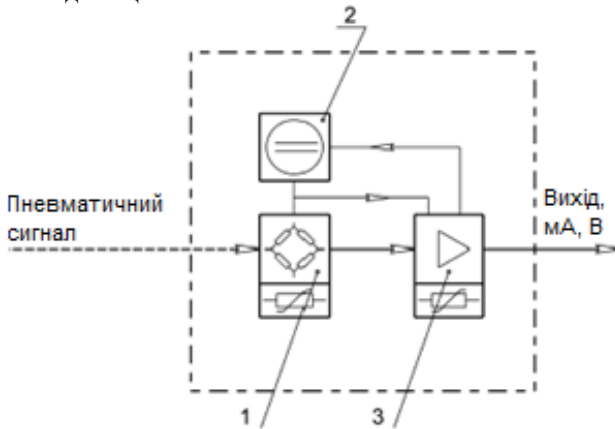


Рис. 4.2 - Блок-схема перетворювача ПЕП-11.
Схема зовнішніх з'єднань ПЕП-11 приведена на рис. 4.3.

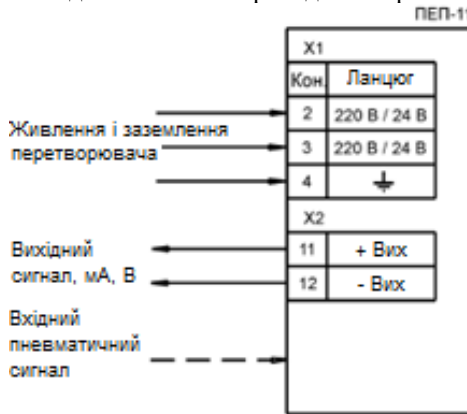


Рис. 4.3 - Схема зовнішніх з'єднань ПЕП-11.

Визначення основної похибки ПЕП - 11

Перевірку ПЕП-11 проводять за схемою рис 4.5 (для прикладу на перетворювачі з напругою живлення 220 В).

Перед тим як визначати основну похибку перетворення ПЕП-11 необхідно перевірити установку «0» і «МАХ».

Установка «0». Встановіть на задавачі тиску М1 значення рівне початковому значенню вхідного сигналу. Потенціометром «Установка 0» ("Уст. "0" для діапазону вхідного тиску (20 – 100) кПа"), згідно рис. 4.5 або рис. 4.6, за міліамперметром РА₃ (вольтметром РV₃), встановити:

- 0 мА для перетворювачів з вихідним сигналом (0 – 5) мА, (0 – 20) мА;

- 4 мА для перетворювачів з вихідним сигналом (4 – 20) мА;
- 0 В для перетворювачів з вихідним сигналом (0 – 10) В.

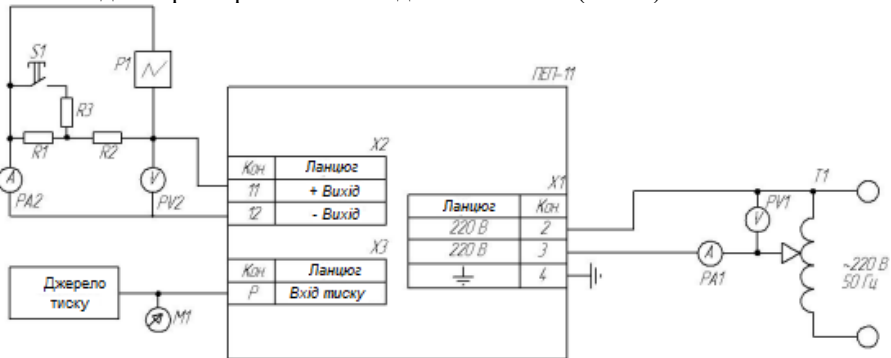


Рис. 4.4. Схема для визначення основної похибки перетворювача ПЕП-11.

Установка “MAX”. Встановити на задавачі тиску М1 значення рівне номінальному кінцевому значенню вхідного сигналу. Потенціометром “Установка “MAX”, згідно рис.4.5 або рис. 4.6, за міліамперметром РА₃ (вольтметром PV₃), встановити:

- значення 5 мА для перетворювачів з вихідним сигналом (0 – 5) мА;
- 20 мА для перетворювачів з вихідним сигналом (0 – 20) мА та (4 – 20) мА;
- 10 В для перетворювачів з вихідним сигналом (0 – 10) В.

Повторюють дані операції кілька разів.

Змінюючи вихідний сигнал джерела тиску, здійснюють виміри для п'яти точок значень вхідного сигналу 0%, 25%, 50%, 75%, 100% для діапазону (20 – 100) кПа, що відповідає вхідному тискові 20, 40, 60, 80, 100 кПа. У кожному випадку за приладом РА₃ (або PV₃) потрібно зафіксувати покази. Основну похибку перетворювача визначають за формулою:

$$\gamma = \frac{A_{\text{вих.р.}} - A_{\text{вих.}}}{A_n} \times 100\%$$

де $A_{\text{вих.р.}}$ - розрахункове значення вихідного сигналу при тому ж значенні вхідного сигналу, мА;

$A_{\text{вих.}}$ - значення вихідного сигналу при відповідному значенні вхідного сигналу, мА;

A_n - нормоване значення вихідного сигналу (значення діапазону зміни), мА.

Значення основної похибки не повинно перевищувати значень зазначених у табл. 4.2.

Визначення пульсації вихідного сигналу

Установлюють вихідний сигнал задавача тиску відповідному кінцевому значенню вхідного сигналу блоку. За осцилографом P1 визначають пульсацію вихідного сигналу.

Визначають величину амплітуди пульсації вихідного сигналу перетворювача, шляхом вимірювання змінної, складової вихідного сигналу осцилографом P1 із закритим входом і вхідним опором не менше 1 МОм. Величина пульсації вихідного струму не повинна перевищувати 0,25 % від верхньої межі зміни вихідного сигналу.

Технічне обслуговування

Технічне обслуговування зводиться до дотримання правил експлуатації, збереження і транспортування, періодичній перевірці перетворювача. Технічне обслуговування проводиться не рідше одного разу в рік. Якщо при визначенні основної похибки перетворювач не задовольняє основним технічним характеристикам, необхідно провести налагодження вимірювального моста і тракту підсилення перетворювача.

Визначають основну погрішність перетворювача.

Якщо не вдається налагодити перетворювач, або пульсація, опір ізоляції не відповідають технічним характеристикам, перетворювач підлягає ремонту.

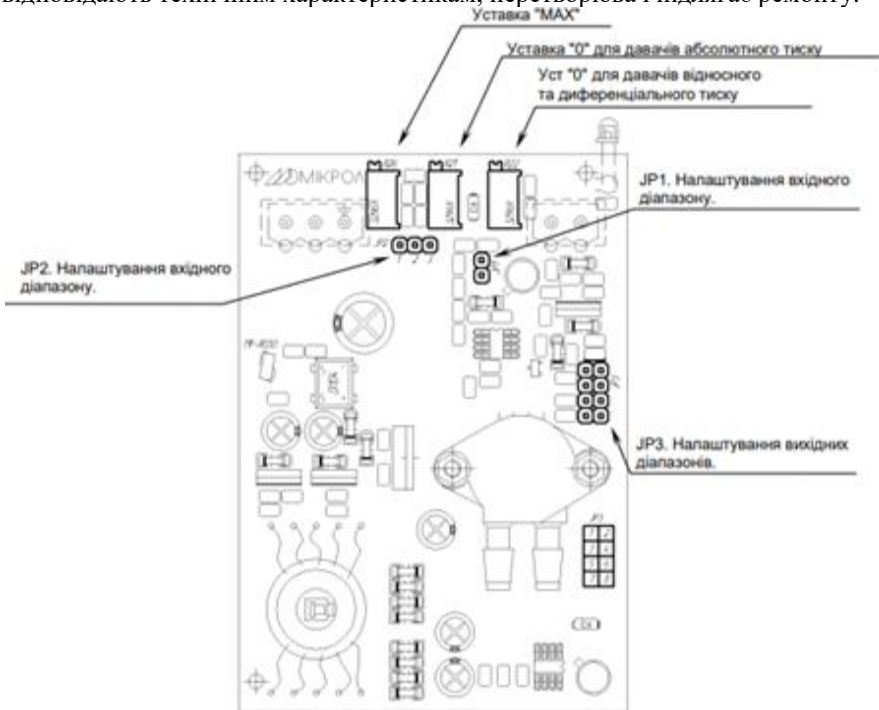


Рис.4.5. Схема розташування органів регулювання та елементів настроювання ПЕП-11 живленням 24 В

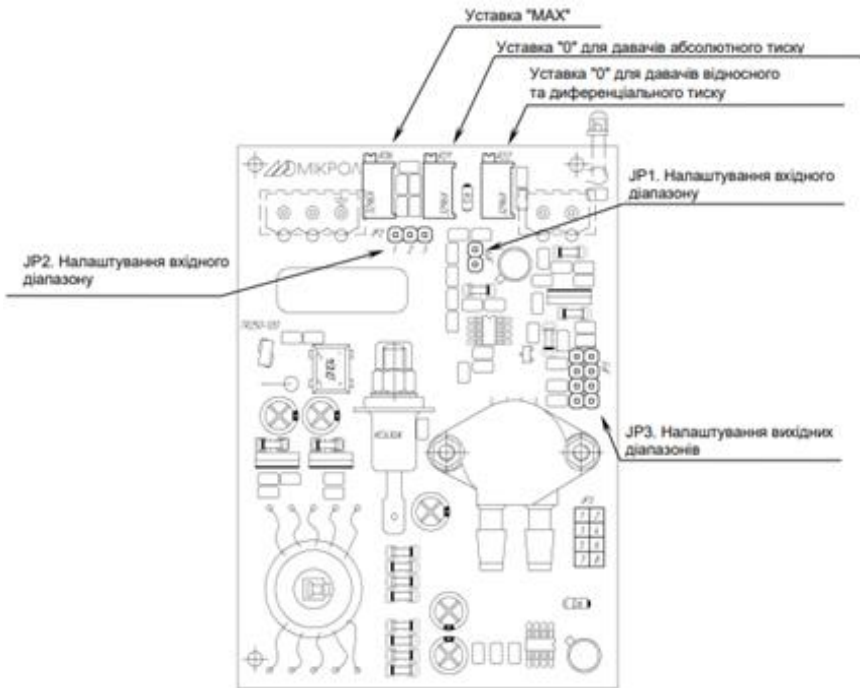


Рис.4.6. Схема розташування органів регулювання та елементів настроювання ПЕП-11 з живленням 220 В.

4.3. Програма роботи

1. Зобразити принципову схему пристроїв.
2. Визначити елементи налаштування.
3. Змонтувати схему дослідження.
4. Дослідити характеристики ППЕ-2.
5. Дослідити характеристики ПЕП-11.
6. Зробити відповідні висновки.

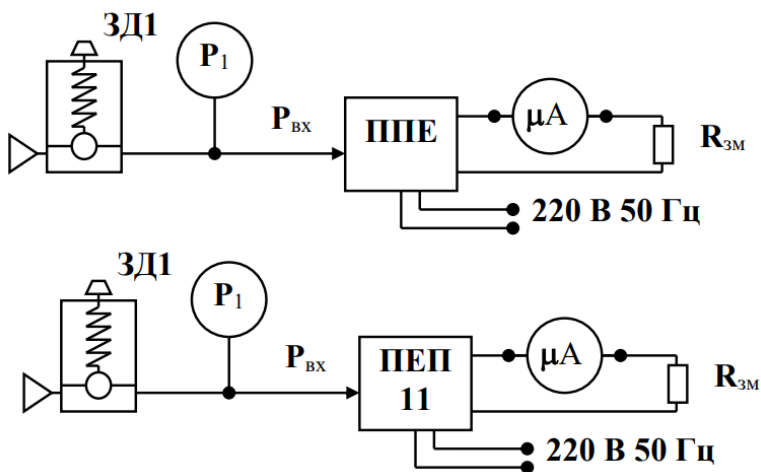


Рис. 4.7. Структурні схеми дослідних установок.

ЗД1 – задавач тиску;

P_1 – контрольний манометр;

ППЕ – перетворювач пневмоелектричний;

μA – амперметр;

$R_{\text{ЗМ}}$ – опір навантаження 2,5кОм.

ПЕП – пневмоелектричний перетворювач;

4.4. Порядок виконання роботи:

1. Вивернути до нуля редуктор тиску повітря і ручний задавач ЗД1.
2. Ввімкнути компресор і подати напругу живлення на перетворювач ППЕ-2, ПЕП-11.
3. З допомогою редуктора тиску повітря за манометром встановити тиск живлення $P_{\text{ж}}$, рівний 0,14 МПа (140 кПа).
4. Плавню обертаючи ручку задавача ЗД1, встановити по чергову за манометром P_1 тиск $P_{\text{вх}}$ у відповідності до таблиці 4.3 і відповідно зафіксувати для кожного значення $P_{\text{вх}}$ значення струму I за амперметром μA .

5. Для кожного значення тиску $P_{\text{вх}}$ визначити абсолютні похибки

$$\Delta I = |I - I_{\text{теор.}}|.$$

6. Для кожного значення тиску $P_{\text{вх}}$ обрахувати основні похибки

$$\Delta = \frac{\Delta I}{I} \times 100\%,$$

де I – діапазон зміни вихідного сигналу, мА.

7. Для кожного значення визначити відносну похибку

$$\delta = \frac{\Delta I}{I_{теор.}} \times 100\%.$$

8. Визначити середньоарифметичне значення основних та відносних похибок

$$\Delta_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta}{n}, \quad \delta_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta}{n}$$

де n – кількість дослідів

9. Всі результати дослідів записати до табл. 4.3.

10 Побудувати графічні залежності $I=f(P_{вх}); I_{теор} = F(P_{вх})$

11. Порівняти отримані значення $\Delta_{сер}$ та $\delta_{сер}$ із допустимими та зробити висновок про роботоздатність системи і придатність до експлуатації.

Таблиця 4.3

№ п/п	$P_{вх}$, кПа	I , мА	$I_{теор}$, мА	ΔI , мА	Δ , %	δ , %	$\Delta_{сер}$, %	$\delta_{сер}$, %
1	20							
2	30							
3	40							
4	50							
5	60							
6	70							
7	80							
8	90							
9	100							

4.6. Контрольні питання.

1. Поясніть призначення елементів перетворювача ППЕ.
2. Вказати органи настройки “нуля” приладу ППЕ.
3. Вкажіть органи настройки діапазону перетворювача ППЕ.
4. Де використовується перетворювач ППЕ.
5. Поясніть роботу магнітоіндукційного перетворювача.
6. Принцип роботи перетворювача ПЕП-11.
7. Основні технічні характеристики ПЕП-11
8. Поясніть призначення елементів перетворювача ПЕП 11.
9. Вкажіть діапазон зміни вхідного і вихідного сигналу перетворювачів.
10. Технічне обслуговування ПЕП-11.
11. Перевірка установок „0” та «МАХ» перетворювача ПЕП-11.

5. ДОСЛІДЖЕННЯ ЕЛЕКТРОПНЕВМАТИЧНИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ

5.1. Мета роботи. Засвоїти будову та дослідити основні характеристики електропневматичних перетворювачів.

5.2. Теоретичні відомості

Електропневматичні перетворювачі типу ЕПП здійснюють лінійне перетворення неперервного сигналу постійного струму малих величин в пневматичний сигнал уніфікованого діапазону 20-100 кПа та застосовуються для зв'язку електричних систем і приладів з пневматичними.

Перетворювачі розраховані на роботу в середовищі з відносною вологістю від 30 до 80 % при температурі від 5 до 50 °С.

На рис. 5.1. представлена принципова схема електропневматичного перетворювача.

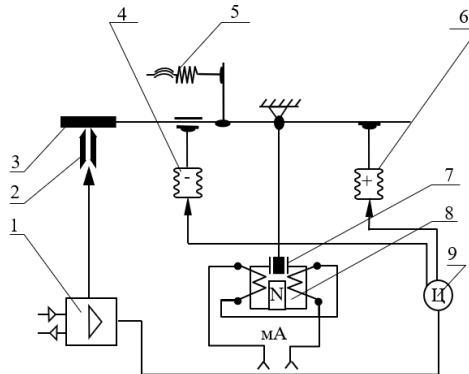


Рис.5.1. Електропневматична принципова схема перетворювачів.

1 – реле пневматичне; 2 – сопло; 3 – заслінка; 4 – сифон від'ємного зворотного зв'язку; 5 – пружина; 6 – сифон додатного зворотного зв'язку; 7 – якорь; 8 – магнітопровід; 9 – пневмоциліндр.

Перетворювач має такі основні технічні дані :

Діапазон зміни вхідного електричного сигналу – 0 - 5, 0 - 20, 4 - 20 мА.

Діапазон зміни вихідного пневматичного сигналу – від 20 до 100 кПа.

Клас точності – 0,5; 1,0.

Тиск живлення – 140 кПа.

Витрата повітря живлення 5 л/хв.

Маса перетворювача, не більше, - 2,5 кг.

Принцип дії перетворювачів заснований на використанні зміни тиску повітря в залежності від зміни зазору між соплом та заслінкою при переміщенні важеля якоря під дією магнітного потоку.

Магнітний потік виникає в магнітопроводі при проходженні вхідного електричного сигналу по котушках електромагніту. Зусилля, що виникає на якорі, прямопропорційне величині струму. Тиск повітря від індикатора положення “сопло-заслінка”, поступає на підсилювач потужності, підсилений сигнал по пневмолініях поступає на вихід перетворювачів і в сильфон додатного та від’ємного зв’язку.

Зусилля, що виникають в сильфонах від дії вихідного тиску, зрівноважують зусилля на якорі від вхідного сигналу.

Пневмоциліндр призначений для гасіння пневмоколивань в системі перетворювачів.

Пружина служить для налаштування нуля діапазону перетворювачів.

Основним вузлом перетворювачів є блок перетворювачів, що об’єднує вузол електромагніту та блок індикатора. Блок кріпиться до основи, на якій розміщені штуцери внутрішніх з’єднань, гніздо для вводу вхідного електричного сигналу, пневмореле - підсилювач потужності, гвинт заземлення. Всі вузли закриті кришкою, в якій передбачений отвір для налаштування нуля.

Перед використанням приладу необхідно перевірити початок діапазону вхідного сигналу, герметичність, вхідний електричний опір, електричну надійність ізоляції, пульсацію вихідного сигналу, основну похибку і варіацію показів.

Налаштовують наступні метрологічні величини:

- початкове значення вихідного сигналу (нуль перетворювачів);
- діапазон вихідного сигналу;
- лінійність вихідного сигналу.

Початкове значення вихідного сигналу налаштовується після складання на заводі, або після ремонту.

При подачі живлення, вихідний сигнал повинен бути рівним 20 кПа, при необхідності коректором нуля підстроюють. Після настройки нуля на вхід перетворювачів подають верхнє значення вхідного сигналу. Якщо вихідний тиск більше (менше) 100 кПа, то його значення зменшують (збільшують) шляхом переміщення сильфона (при переміщенні сильфону до сопла, діапазон зменшується, від сопла - збільшується). Точна настройка діапазону здійснюється гвинтом. В випадку нелінійності вихідного сигналу проводять настройку шляхом переміщення сопла.

Після усунення нелінійності проводять перевірку основної похибки.

Визначення основної похибки та варіації показів перетворювача проводять при шести значеннях для вхідного сигналу 0 – 5 мА .

Кожному значенню вхідного сигналу повинно відповідати наступне значення вихідного сигналу з відхиленням в межах основної похибки.

0 – 20 кПа (0,2 кгс/см²)

1 мА – 36 кПа (0,36 кгс/см²)

2 мА – 52 кПа (0,52 кгс/см²)

3 мА – 68 кПа (0,68 кгс/см²)

4 мА – 84 кПа (0,84 кгс/см²)

5мА – 100 кПа (1,00 кгс/см²)

Основну похибку визначають як різницю між розрахунковим та дійсним значенням вихідного сигналу перетворювача, виражену в процентах від його робочого діапазону 20 – 100 кПа :

$$\delta = \frac{P_{\text{розрах}} - P_{\text{дійсне}}}{0,8} \cdot 100\% , \text{ де}$$

$P_{\text{розрах}}$ – розрахункове значення вихідного сигналу ;

$P_{\text{дійсне}}$ – дійсне значення вихідного сигналу.

Якщо при повірці максимальна похибка будь-якої контрольної точки перевищує допустиму, необхідно вирахувати різницю між найденою максимальною і допустимою похибкою і, користуючись коректором нуля, змістити характеристику перетворювача на вираховане значення в бік зменшення похибки.

Початкове значення вихідного сигналу встановлюється в межах основної похибки перетворювачів таким чином, щоб відхилення від номінальних значень в повірених точках було мінімальним.

При роботі перетворювач повинен бути заземлений. На корпусі є спеціальний гвинт і позначення місця заземлення.

5.3. Програма роботи:

1. Зобразити принципову схему установки
2. Визначити органи настройки
3. Змонтувати схему
4. Дослідити характеристики
5. Зробити відповідні висновки

Принципова схема дослідної установки приведена на рис.5.2.

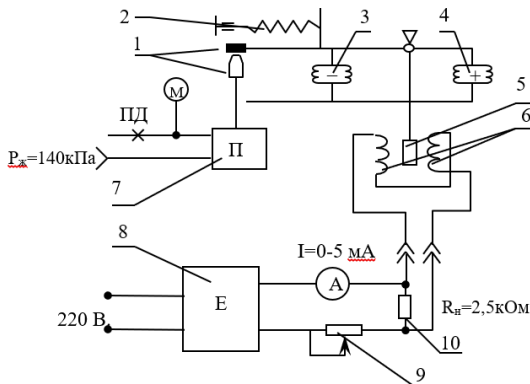


Рис.5.2. Принципова схема дослідження електропневматичного перетворювача сигналів

1 - сопло – заслінка; 2 - коректор нуля; 3,4- сільфони зворотного зв'язку; 5 - феромагнітне осердя; 6 – обмотка; 7 - пневматичний підсилювач; 8 - джерело вхідного сигналу; 9 - нормуючий резистор входу; 10 – опір навантаження.

Порядок виконання роботи.

1. Вивернути до нуля редуктор тиску повітря і ручний задавач ПД.
2. Ввімкнути компресор і подати напругу живлення не перетворювач ЕПП.

3. З допомогою редуктора тиску повітря за манометром встановити тиск живлення $P_{ж}$, рівний 0,14 МПа (140 кПа). Резистором 9 встановити значення струму рівним 0

4. Плавно обертаючи ручку нормуючого резистору входу 9, встановити по чергово за амперметром A струм $I_{вх}$ у відповідності до табл. 5.1 і відповідно зафіксувати для кожного значення $I_{вх}$ значення тиску $P_{вих}$ за манометром M .

5. Для кожного значення струму $I_{вх}$ визначити абсолютні похибки

$$\Delta P = \left| P - P_{теор.} \right|.$$

6. Для кожного значення струму $I_{вх}$ визначити основні похибки

$$\Delta = \frac{\Delta P}{D} \times 100\%,$$

де D – діапазон зміни вихідного сигналу, кПа ($D = 80$ кПа).

7. Для кожного значення визначити відносну похибку

$$\delta = \frac{\Delta P}{P_{теор.}} \times 100\%.$$

8. Визначити середньоарифметичне значення основних та відносних

похибок $\Delta_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n \Delta}{n}$, $\delta_{сер} = \frac{\sum_{i=1}^n \delta}{n}$

де n – кількість дослідів

9. Всі результати дослідів записати до таблиці

10. Побудувати графічні залежності $P=f(I_{вх})$; $P_{теор} = F(I_{вх})$

11. Порівняти отримані значення $\Delta_{сер}$ та $\delta_{сер}$ із допустимими і зробити висновок про роботоздатність системи і придатність до експлуатації. У випадку невідповідності характеристик запропонувати методи настройки лінійності перетворювача і його діапазону. За згодою викладача здійснити настройки перетворювача.

Таблиця 5.1.

№ п/п	$I_{вх}$, мА (діапазон 0-5 мА)	$I_{вх}$, мА (діапазон 0-20 мА)	P , кПа	$P_{теор.}$, кПа	ΔP , кПа	Δ , %	δ , %	$\Delta_{сер}$, %	$\delta_{сер}$, %
1	0	0							
2	1	4							

3	2	8							
4	3	12							
5	4	16							
6	5	20							

5.4. Контрольні запитання

1. Призначення електропневматичного перетворювача.
2. З яких основних елементів складається перетворювач та їх призначення
3. Вкажіть органи настройки нуля приладу.
4. Вкажіть органи зміни діапазону.
5. Принцип роботи електропневматичного перетворювача.
6. Призначення основних елементів електропневматичного перетворювача.