



Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій

Кафедра електропостачання та
енергетичного менеджменту

О. М. Мороз, А. І. Серeda

ДИНАМІЧНІ ПОТОКОВІ СИСТЕМИ

(розділ «Приводи динамічних поточкових систем»)

Курс лекцій

*для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форм навчання
спеціальності*

151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Харків
2023

Міністерство освіти і науки України

ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет енергетики, робототехніки та
комп'ютерних технологій

Кафедра електропостачання та енергетичного менеджменту

О. М. Мороз, А. І. Середа

ДИНАМІЧНІ ПОТОКОВІ СИСТЕМИ

(розділ «Приводи динамічних поточкових систем»)

Курс лекцій

*для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти
денної та заочної форм навчання
спеціальності*

151 Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Затверджено
рішенням науково-методичної ради
факультету енергетики,
робототехніки та
комп'ютерних технологій
Протокол № 3
від 22 лютого 2023 року

**Харків
2023**

УДК 621.5

М-80

Схвалено на засіданні кафедри
електропостачання та енергетичного менеджменту
Протокол №7 від 8.02.2023 р.

Рецензенти:

С. О. Тимчук, д-р техн. наук, проф., зав. кафедри автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій ДБТУ.

Ю. М. Хандола, канд. техн. наук, зав. кафедри електромеханіки, робототехніки, біомедичної інженерії та електротехніки ДБТУ.

М-80 «Динамічні потокові системи» (розділ «Приводи динамічних поточкових систем»): курс лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О. М. Мороз, А. І. Середа / - Електрон. дані. – Х.: ДБТУ, 2023. – 50 с.

Курс лекцій з дисципліни «Динамічні потокові системи» (розділ «Приводи динамічних поточкових систем») складений відповідно до програми навчальної дисципліни. У курсі лекцій вивчаються елементи гідравлічних та пневматичних приводів, їх характеристики, режими роботи та їх підбір. Наведені також посилання на відео в YouTube. Кожна лекція містить питання для самоконтролю.

Видання призначено для здобувачів технічних спеціальностей закладів вищої освіти.

УДК 621.5**Відповідальний за випуск: О. О. Мірошник**, д-р техн. наук, професор

© Мороз О.М.,
Середа А.І., 2023.
© ДБТУ, 2023

Рекомендована література

1. Волоцкий В. М. Гидравлические приводы машин и их оборудование / Волоцкий В. М. – Харьков: Гидроэлекс, 1995. – 155 с.
2. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод / [Дідур В.А., Савченко О.Д., Пастушенко С.І., Мовчан С.І.]. – Запоріжжя, Прем'єр, 2005. – 464 с.
3. Гідравліка: Навчально-методичний комплекс. Навчально-методичний посібник. / В.І.Дуганець, І.М.Бендера, В.А. Дідур та ін. За ред. В.І. Дуганця, І.М.Бендери, В.А. Дідура. – Кам'янець-Подільський: ФОП Сисин О.В. 2013. – 566 с. URL: <https://cutt.us/tT4oV>.
4. FluidSIM Hydraulics. URL: <https://en.freownloadmanager.org/Windows-PC/FluidSIM-Hydraulics.html>.
5. Левицький Б. Ф. Гідравліка / Левицький Б. Ф., Лещій Н. П. – Львів: Світ, 1994. – 264 с.
6. П. Кросер, Ф. Эбель. Пневматика. Учебное пособие. Перевод с немецкого: Гнатюк Ю.Й., Четверкин А.А. – К., ДП «Фесто», 2002 – 228 с.
7. Носко С. В. Проектування пневмоприводів. Навчальний посібник / Носко С. В. – К.: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2022. – 130 с. URL: <https://cutt.us/MsuZy>.
8. Рогалевич Ю. П. Гідравліка / Рогалевич Ю. П. – К.: Вища школа, 1993. – 255 с.
9. Элементы и устройства пневмоавтоматики высокого давления. – Отраслевой каталог. Под редакцией А.И.Кудрявцева. – Всесоюзный научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по машиностроению и робототехнике (ВНИИТЭМР). – М., 1990 – 186 с.

Тема 12

Гідроприводи

Гідроприводом називається сукупність пристроїв, призначених для приведення в дію механізмів та машин під дією робочої рідини, що знаходиться під тиском.

Гідроприводи поділяються на гідростатичні (об'ємної дії) та гідродинамічні. В гідростатичному гідроприводі тиск створюється насосом і передається на виконавчий орган (гідроциліндр чи гідромотор) за допомогою робочої рідини.

Перевагами гідроприводу є: 1) малі габарити та велика потужність, яка передається одиницею маси; 2) незалежність розміщення вузлів гідропроводу; 3) можливість автоматизації процесів управління; 4) простота розгалуження потужності; 5) надійне запобігання перевантаженню робочих органів; 6) можливість безступінчастого регулювання швидкісних режимів та легкість керування.

Недоліками гідроприводу є: 1) значні втрати потужності на подолання сил гідравлічного тертя при русі робочої рідини в гідролініях; 2) вплив температури оточуючого середовища на параметри гідропередачі; 3) можливі порушення роботи гідропривода внаслідок наявності повітря в системі.

Об'ємний гідропривод

Об'ємним гідроприводом називають сукупність об'ємних машин, гідроапаратури, гідроліній та допоміжних пристроїв, які призначені для передачі енергії і перетворювання руху за допомогою рідини.

Гідромашинами є насоси і гідродвигуни зворотно-поступального та обертального руху. *Насосом* називається гідромашина, що перетворює механічну енергію на енергію рідини. *Гідродвигуном* називається гідромашина, що перетворює енергію рідини на механічну енергію.

Гідроапаратура це пристрої для керування гідроприводом (дроселі, клапани різного призначення та гідророзподільники – пристрої для зміни напрямку руху потоку рідини).

Допоміжні пристрої це фільтри, теплообмінники, гідробаки, гідроакумулятори – пристрої для забезпечення підтримання стану та якості рідини.

Всі ці елементи зв'язані гідролініями, які поділяються на напірні, виконавчі та зливні. *Напірною гідролінією* є частина основної гідролінії, по якій робоча рідина рухається від насоса до розподільника чи безпосередньо до гідродвигуна. *Виконавча гідролінія* – частина основної гідролінії, по якій робоча рідина рухається від розподільника до гідродвигуна та назад. *Зливна гідролінія* – частина основної гідролінії, по якій робоча рідина рухається в бак від розподільника чи безпосередньо від гідродвигуна.

Принцип дії об'ємного гідроприводу ґрунтується на законі Паскаля. Об'ємні гідроприводи по виду руху вихідної ланки діляться на обертальні, поступальні та поворотні.

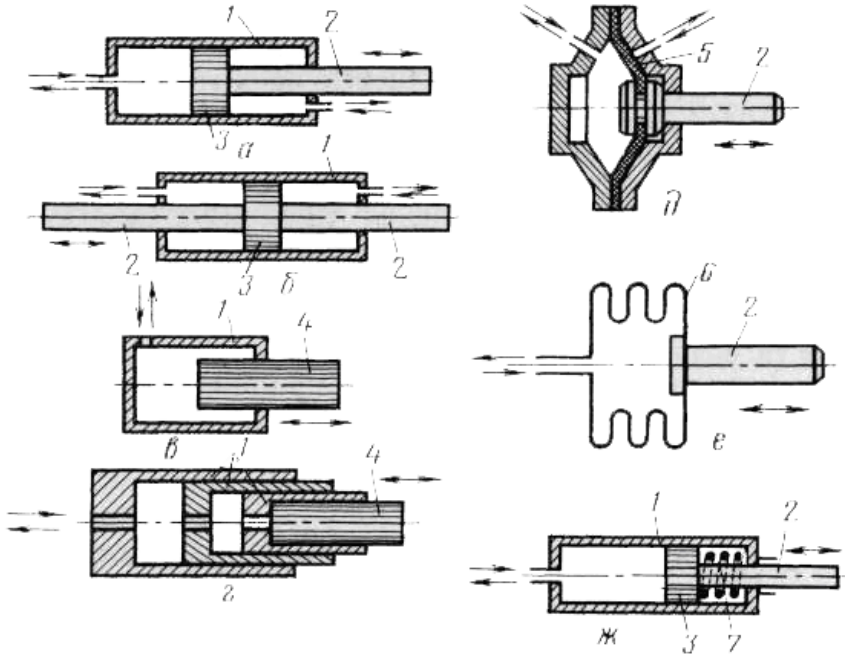
Елементи гідроприводів Гідроциліндри

Гідроциліндри – об'ємні гідродвигуни зі зворотно-поступальним рухом вихідної ланки. Конструктивні схеми гідроциліндрів наведені на рис. 12.1.

Гідроциліндр, рух вихідної ланки якого під дією рідини здійснюється тільки в одному напрямку, називається гідроциліндром одnobічної дії (рис. 12.1,а). Рух вихідної ланки в протилежному напрямку може відбуватись під дією пружини, сили ваги та іншим способом. Гідроциліндр, рух вихідної ланки якого під дією рідини можливий в двох напрямках, називається гідроциліндром двобічної дії (рис. 12.1,б).

В залежності від конструкції робочої ланки гідроциліндри бувають такі: поршневі (рис. 12.1, а,б), плунжерні (рис. 12.1, в), мембранні (рис. 12.1, г), сильфонні (рис. 12.1, д). Перераховані конструктивні схеми гідроциліндрів забезпечують повний хід вихідної ланки, що відповідає ходу робочої ланки, тому їх називають одноступінчастими гідроциліндрами. Гідроциліндри, в яких повний хід вихідної ланки дорівнює сумі ходів усіх робо-

чих ланок, називаються телескопічними (рис. 12.1, е). Розрізняють гідроциліндри зі штоками з одного та двох боків (рис. 12.1, а, б, ж).



а, ж – поршковий односторонньої дії зі штоком з одного боку; б – поршковий двосторонньої дії зі штоками з двох боків; в – плунжерний односторонньої дії; г – телескопічний односторонньої дії; д – мембранний двосторонньої дії

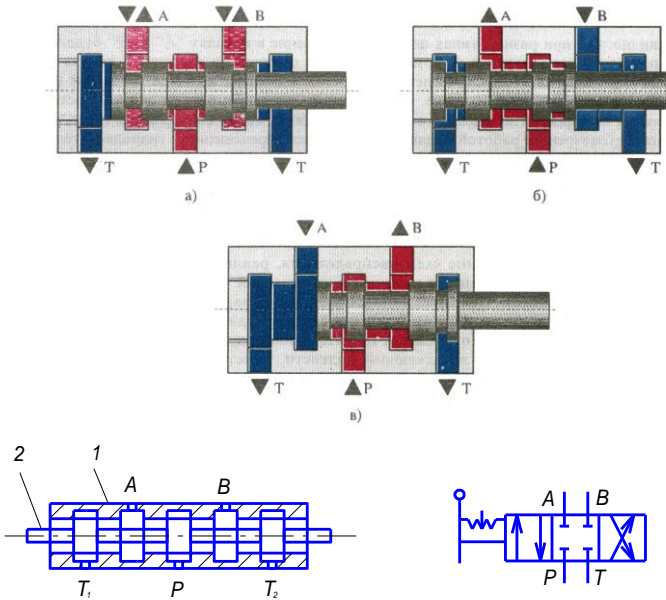
*1 – циліндр; 2 – шток; 3 – поршень; 4 – плунжер; 5 – мембрана;
6 – сифон; 7 – пружина*

Рисунок 12.1 – Схеми гідроциліндрів

При експлуатації гідроциліндрів, особливо з великими інерційними навантаженнями на вихідній ланці, з метою запобігання виникненню ударних навантажень використовуються демпфери – пристрої для плавного сповільнення руху поршня.

Розподільники

Розподільником називається пристрій, що виконує пуск, зупинку та зміну напрямку потоку робочої рідини у двох чи більше гідролініях в залежності від наявності зовнішнього сигналу. Основними конструктивними елементами розподільника є корпус 1 та запірний елемент 2 (рис. 12.2).



1 – корпус; 2 – запірний елемент.

Рисунок 12.2 – Конструктивна схема золотникового 4/3 розподільника та його графічне позначення

Розподільники за конструкцією запірного елемента поділяють на золотникові, кранові та клапанні; за числом зовнішніх ліній – на дволінійні, трьохлінійні, чотирьохлінійні і т.д.; за видом керування – на розподільники з ручним, механічним, електричним, гідравлічним та іншими видами керування; за числом фіксованих чи характерних позицій запірного елемента – на двопозиційні, трьохпозиційні та інші. У розподільниках дискретної дії робочу (характерну) позицію рухомого запірного елемента зображують квадратом, який викреслюється суцільними ос-

новними лініями з вказівками зовнішніх ліній (рис. 12.2, лінії Р, А, В, Т). Число позицій зображують відповідним числом квадратів, наприклад, трьохпозиційний (рис. 12.2). Розподільники позначають дробом, у чисельнику вказують число ліній, а у знаменнику – число характерних позицій.

В золотникових розподільниках комутація каналів здійснюється за рахунок переміщення золотника в центральному отворі корпусу, в якому крім того виконані кільцеві канали для підведення рідини і відведення її в зливну магістраль («Р» і «Т») і канали «А» і «В» через які підводиться рідина до гідравлічних двигунів або інших компонентів гідросистеми і відводиться від них. Ці канали перетинають центральний отвір і утворюють з ним розподільчі кромки, які взаємодіють з кромками утвореними поясками золотника.

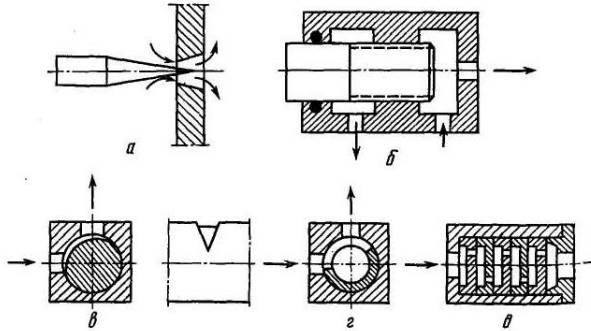
Золотник гідравлічного розподільника може займати крайнє праве положення (рис. 12.2.а), крайнє ліве – (рис. 12.2.б) та середнє положення – (рис. 12.2.в).

В гідроприводах сільськогосподарських машин частіше застосовуються гідророзподільники золотникового типу, тому, що такі розподільники малочутливі до забруднення робочої рідини, золотник в них розвантажений від тиску і рідина може подаватись по черзі до кількох споживачів.

Дроселі

Дросельні пристрої використовуються для регулювання швидкості руху вихідної ланки гідроциліндрів і являють собою гідравлічні опори з постійним або регульованим перерізами.

За формою робочих елементів розрізняють голчаті, щілинні та канавкові, гвинтові та пластинчасті дроселі (рис. 12.3).



*а – голчатий; б – гвинтовий; в – канавковий; г – щілинний;
 д – пластинчастий*

Рисунок 12.3 – Схеми дроселів

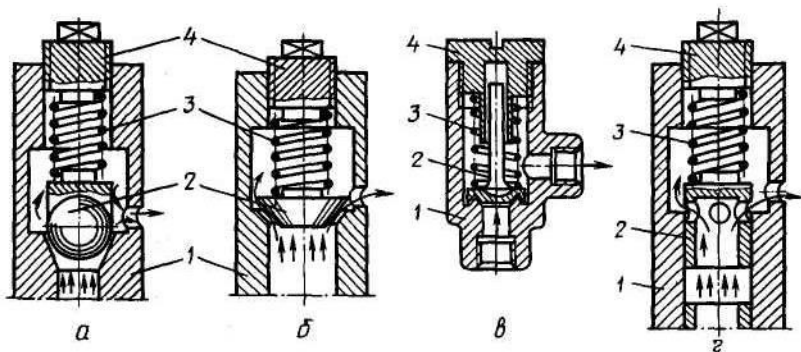
Витрата рідини через дросель прямо пропорційна перепаду тиску, а оскільки перепад тиску в дроселі залежить від навантаження, що долається гідродвигуном, то при змінному навантаженні змінюється і швидкість вихідної ланки гідродвигуна. Для підтримування постійної швидкості при змінному навантаженні застосовуються регулятори витрати. До складу регуляторів, крім дроселів, входять клапани які забезпечують постійний перепад тиску на дроселі.

Гідроклапани тиску

Гідроклапани тиску призначені для керування тиском робочої рідини і за їх допомогою захищають вузли гідропривода від перевантажень, задають певну послідовність роботи вузлів, створюють необхідний напрямок потоків, встановлюють необхідний тиск і т.п.

За конструкцією запірною пристрою гідроклапани бувають кулькові, конічні, золотникові (рис. 12.4), та інші.

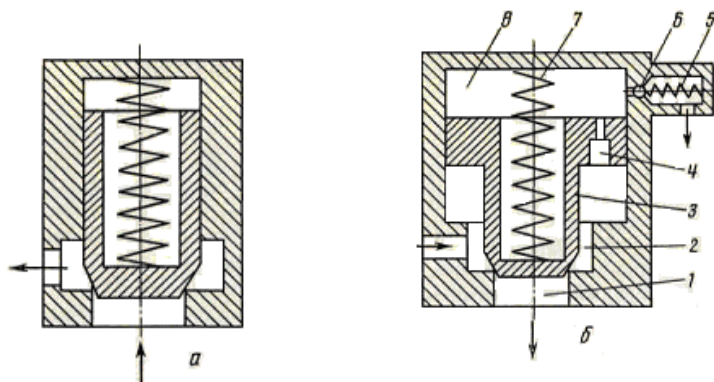
За функціональним призначенням клапани бувають запобіжні, зворотні, редуційні, переливні, різниці тисків (диференційні) і співвідношення тисків.



*а – кульковий; б,в – конічний; г – золотниковий;
 1 – корпус; 2 – запірний елемент; 3 – пружина;
 4 – регулювальний гвинт*

Рисунок 12.4 – Схеми конструкції клапанів

Запобіжні клапани призначені для захисту гідроприводів від перевантаження шляхом обмеження максимального тиску. Запобіжний клапан повинен спрацьовувати швидко і мати високу пропускну здатність. Найпростіший запобіжний клапан складається з кульки або плунжера, навантаженого пружиною, яка регулюється на певний тиск (рис. 12.5). В гідроприводах з великими витратами робочої рідини такі клапани не використовуються, тому що для утримання клапана великих розмірів потрібні потужні пружини, які не мають необхідної чутливості. В цих випадках застосовуються запобіжні клапани з серводією (рис. 12.5, б).



а) прямої дії; б) з серводією

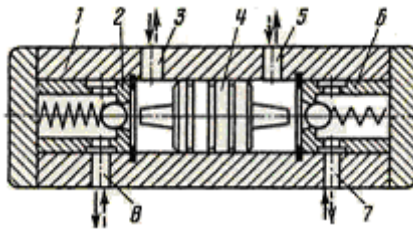
1, 2, 8 – порожнини клапана; 3 – клапан; 4 – дросельний отвір; 5, 7 – пружини; 6 – кульковий клапан

Рисунок 12.5 – Запобіжні клапани

В клапані з серводією порожнина 2 сполучена з нагнітальною, а порожнина 1 – зі зливною лініями. Дросельний отвір 4 з'єднує порожнину 2 з надклапанною порожниною 8. При тиску в гідроприводі нижче заданого, у порожнинах 2 і 5 тиск однаковий і клапан 3 притиснутий до сідла, внаслідок того, що площа дії тиску рідини на клапан в порожнині 8 більша ніж в порожнині 2, а також за рахунок дії пружини 7. При підвищенні тиску в гідросистемі вище заданого, що залежить від зусилля пружини 5, кульковий клапан відкривається і частина робочої рідини з порожнини 8 відводиться в зливну магістраль. Внаслідок чого тиск в порожнині 8 зменшується і під дією тиску рідини в порожнині 2 клапан 3 відкривається і пропускає робочу рідину в бак, завдяки чому тиск в гідросистемі зменшується. Дросельний отвір 4 призначений для поступового вирівнювання тисків в порожнинах 2 та 8.

Зворотні клапани призначені для пропускання робочої рідини в одному напрямку і перекриття її руху у зворотному напрямку. На корпусах зворотних клапанів наноситься стрілка, що вказує напрямок руху рідини.

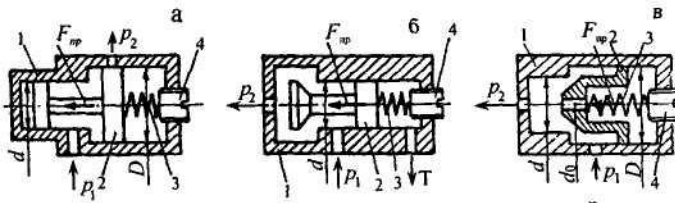
В гідроприводах також використовуються спеціальні конструкції зворотних клапанів, які називаються гідрозамками. Гідрозамки використовуються в тих випадках, коли необхідна точна фіксація робочого органу в проміжному положенні і виключення його зворотного руху під навантаженням (наприклад, в навантажувачах). В корпусі 1 гідрозамка (рис. 12.6) розміщені два зворотні клапани 2 і 6, між якими знаходиться плаваючий поршень 4. Робоча рідина надходить в корпус 1 через канали 3 і 5, а з корпусу до гідродвигуна – через канали 7 та 8. При підведенні робочої рідини до каналу 3 відкривається лівий зворотний клапан 2, і робоча рідина через канал 8 поступає у гідродвигун. Одночасно поршень 4 під тиском робочої рідини зміщується вправо і відкриває зворотний клапан 6, забезпечуючи прохід робочої рідини, що відводиться, через канали 5 і 7 до гідророзподільника. При подачі робочої рідини в канал 5 гідрозамок спрацьовує аналогічно, але у зворотному напрямку. У випадку, коли подача робочої рідини відсутня, зворотні клапани 2 і 6 замикають робочу рідину в гідродвигуні, фіксуючи його положення.



1 – корпус; 2,6 – зворотні клапани; 3,5,7,8 – клапани;
4 – поршень.

Рисунок 12.6 – Гідрозамок

Редуційні клапани призначені для підтримування постійного тиску на виході $p_2 = const$, незалежно від тиску на вході p_1 , за умови, що $p_2 < p_1$. В циліндричному отворі корпусу 1 редуційного клапана (рис. 12.7) встановлено золотник 2, підвантажений пружиною 3. Зусилля пружини $F_{пр}$ регулюється гвинтом 4.



а) – різниці тисків; б) – редуційний одноступеневий;
в) – співвідношення тисків.

Рисунок 12.7 – Схеми редуційних гідроқлапанів

Редуційні клапани встановлюються в гідросистемах, де від одного насоса працює декілька споживачів з різним робочим тиском. Насос у цьому випадку розраховується на максимальний тиск, необхідний для роботи одного з споживачів, а перед іншими встановлюються редуційні клапани.

Клапани різниці тисків (диференціальні) підтримують постійний перепад тиску $\Delta p = p_1 - p_2 = const$.

Клапани співвідношення тисків призначені для підтримання заданого співвідношення тисків у вхідному p_1 та вихідному p_2 потоках робочої рідини, тобто $p_1/p_2 = const$.

Гідроаккумулятори

Гідроаккумулятори призначені для накопичення енергії та віддачі її гідродвигунам при короткочасних перевантаженнях, коли потужність, що споживається, перевищує потужність, яку створює насос.

Гідроаккумулятори використовуються також для зменшення різних коливань тиску при змінних навантаженнях та для зменшення частоти вмикання запобіжного клапану.

В залежності від способу накопичення енергії гідроаккумулятори поділяються на пружинні та пневматичні (рис. 12.8).

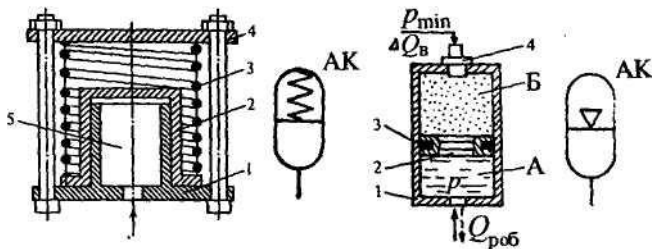


Рисунок 12.8 – Схеми та умовні позначення гідроаккумуляторів

Пружинні гідроаккумулятори мають малу ємність і розраховані на невеликі тиски (2...3 МПа), пневматичні – виготовляються на тиск до 20 МПа. Пневматичні гідроаккумулятори попередньо заповнюються стисненим повітрям чи азотом під мінімальним тиском p_{min} .

Фільтри

Фільтром називається пристрій, в якому рідина очищається від твердих та в'язких забруднюючих домішок, що потрапили в гідросистему. Видалення домішок може здійснюватись механічним та силовим методами. У першому випадку фільтрація здійснюється із застосуванням щільних і пористих матеріалів, а в другому – застосуванням силових полів (магнітного чи електричного), відцентрової сили та ін.

В гідроприводах переважно застосовується механічний спосіб очищення рідини, шляхом пропускання її через фільтруючий матеріал. У гідроприводах сільськогосподарських машин найбільше поширення отримали фільтруючі елементи з латунної сітки. В основному застосовують сітки з такими параметрами: 0,046; 0,06; 0,071; 0,09; 0,1; 0,15. Номер сітки вказує розміри сторони вічка у світлі в міліметрах.

Фільтруючі якості сіток (тонкість фільтрації і витрата рідини) залежать від розміру вічка у світлі і щільності чи площі живого перерізу вічок на одиниці площі поверхні. Зменшення величини вічка супроводжується збільшенням коефіцієнта гідравлічного опору фільтра.

Для захисту фільтра від пошкодження при забрудненні чи пуску насоса при низьких температурах паралельно фільтру

встановлюється запобіжний (перепускний) клапан, відрегульований на перепад тиску на фільтрі ($p_{пер.кл.} \geq 2p_{ф}$), але більший ніж 0,5 МПа.

Питання для самоперевірки:

1. Що таке гідропривод?
2. Які переваги та недоліки гідроприводу?
3. Що таке об'ємний гідропривод та які його елементи?
4. Призначення гідроциліндрів та які бувають їх конструкції?
5. Яке призначення розподільників та яке їх позначення?
6. Яке призначення дроселів та які бувають їх конструкції?
7. Яке призначення клапанів тиску та як вони поділяються за конструкцією та функціональним призначенням?
8. Яке призначення запобіжних клапанів та які бувають їх конструкції?
9. Яке призначення зворотних клапанів та який принцип роботи гідрозамків?
10. Яке призначення редуційних клапанів та які бувають їх схеми?
11. Яке призначення гідроакумуляторів та які бувають їх конструкції?
12. Яке призначення фільтрів та від чого залежать їх фільтруючі якості?

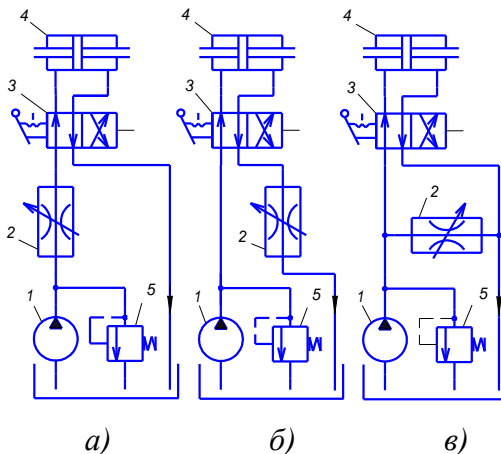
Тема 13

Регулювання гідроприводів

Регульовані гідроприводи за конструкцією регулюючих пристроїв поділяються на гідроприводи з дросельним, об'ємно-машинним та об'ємно-дросельним регулюванням.

В гідроприводах з дросельним регулюванням швидкість руху вихідної ланки гідродвигуна змінюється за допомогою регулюючого гідроагрегату, а в гідроприводах з об'ємним регулюванням за допомогою регульованих гідромашин.

В мобільних сільськогосподарських машинах найбільше використання отримали гідроприводи з дросельним регулюванням тому, що такі схеми простіші та дешевші, хоча такий спосіб менш ефективний внаслідок втрат потужності. Для цієї схеми регулювання характерно, що $Q_n > Q_d$, тобто подача насоса більша ніж кількість рідини, що використовується гідродвигуном і тому частина рідини постійно відводиться в бак, не виконавши корисної роботи. Дросель може встановлюватись на вході, виході і у відгалуженнях (рис. 13.1).



а) – дросель на вході; б) – дросель на виході;
в) – дросель у відгалуженні

Рисунок 13.1 – Схеми гідроприводів з дросельним регулюванням

Дросель регулює швидкість переміщення поршня. При послідовному включенні дроселя, у випадку повного відкриття дроселя, швидкість поршня буде максимальною. При частковому закритті дроселя тиск перед дроселем підвищується, клапан відкривається і пропускає частину рідини від насоса в бак, швидкість руху поршня зменшується. При повному закритті дроселя вся подача насоса направляється через клапан на злив в бак, а швидкість поршня дорівнює нулю.

Швидкість переміщення поршня залежить від навантаження P та витрати Q , що поступає в гідроциліндр. Витрата Q дорівнює витраті через дросель

$$Q = Q_{dp} = \mu_{dp} S_{dp} \sqrt{2p_{dp} / \rho}, \quad (13.1)$$

де μ_{dp} – коефіцієнт витрати дроселя; S_{dp} – площа прохідного отвору дроселя; p_{dp} – перепад тиску на дроселі:

$$p_{dp} = p_n - p_u, \quad (13.2)$$

де p_u – тиск в гідроциліндрі, обумовлений навантаженням та площею поршня:

$$p_u = P / S_n, \quad (13.3)$$

де S_n – ефективна площа поршня.

Таким чином швидкість руху поршня розраховується за формулою

$$V_n = \mu_{dp} \frac{S_{dp}}{S_n} \sqrt{2 \left(p_n - \frac{P}{S_n} \right) / \rho} \quad (13.4)$$

Швидкість V_n не залежить від місця розміщення дроселя, на вході чи на виході.

Навантажувальна характеристика гідропривода $V_n = f(P)$ при послідовному включенні дроселя є спадаючою параболою (рис. 13.2). Кожна з парабол відповідає своєму ступеню відкриття дроселя $\bar{S} = S_{dp} / S_{dp \max}$.

Втрати тиску та ККД гідроприводу не залежить від місця встановлення дроселя на вході чи виході. Однак дроселювання потоку на виході має ряд переваг: гідроциліндр працює більш стійко, особливо при знакозмінних навантаженнях; можливе регулю-

вання при від'ємних навантаженнях, тобто при дії сили P в сторону переміщення поршня; тепло, що виділяється при дроселюванні потоку рідини, відводиться в бак без нагрівання гідродвигуна.

При послідовному з'єднанні повний ККД гідроприводу не перевищує 0,385. Це пояснюється тим, що при оптимальному режимі тільки 58% подачі насоса направляється в гідродвигун (інша частина йде через клапан), і лише 2/3 тиску насоса використовується в гідродвигуні.

При паралельному включенні дроселя швидкість руху поршня регулюється зміною ступеня відкриття дроселя. Чим вона менша, тим більша частка подачі насоса направляється в гідроциліндр, і тим більша швидкість V_n . При повному відкритті дроселя швидкість поршня зменшується до мінімального значення або до нуля, в залежності від навантаження.

При паралельному включенні дроселя швидкість переміщення поршня розраховується за формулою

$$V_n = \frac{1}{S_n} \left(Q_n - \mu_{dp} S_{dp} \sqrt{\frac{2P}{\rho S_n}} \right) \quad (13.5)$$

Навантажувальні характеристики гідроприводу при паралельному включенні дроселя показані на рисунку 13.3.

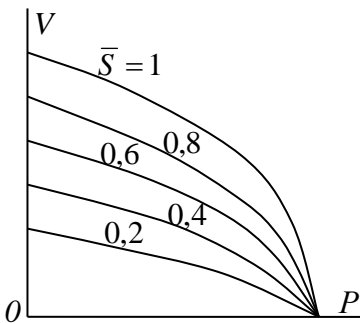


Рисунок 13.2 – Навантажувальні характеристики гідроприводу при послідовному вклю-

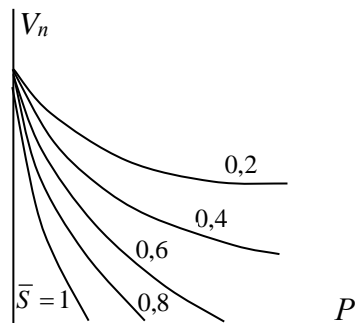


Рисунок 13.3 – Навантажувальні характеристики гідроприводу при паралельному вклю-

ченні дроселя

ченні дроселя

Ці характеристики виходять з однієї точки, яка відповідає $V_{n\max}$ і $P=0$. Навантаження штока поршня P_{\max} зменшується зі збільшенням ступеня відкриття дроселя і при $S \rightarrow 0 - P_{\max} \rightarrow \infty$.

При паралельному включенні дроселя виключається можливість регулювання швидкості переміщення поршня у випадку прикладення сили до штока у напрямку його переміщення. ККД гідропривода при паралельному включенні дроселя визначається за формулою $\eta = 1 - \bar{S}$.

Основи розрахунку об'ємних гідроприводів

Для розрахунку гідропривода необхідно мати такі дані: технічну характеристику та схему машини, частиною якої повинен бути гідропривод; призначення гідропривода та вимоги, що ставляться до нього; вихідні параметри гідропривода – зусилля на штоку гідроциліндра і швидкості руху виконавчого механізму з поступальним рухом, крутильного моменту і частоти обертання вихідного вала виконавчого механізму з обертальним рухом; принципову схему гідропривода.

На першому етапі проводиться оцінка потужності та вибір типу гідропривода. Необхідна потужність насосного агрегату визначається за формулою

$$N_n \geq N/\eta, \quad (13.6)$$

де N_n – потужність насосної станції, кВт; N – потужність, необхідна для виконання технологічної операції за допомогою гідродвигуна; η – ККД гідропривода.

Вибір гідроциліндрів при проектуванні гідросистем здійснюється за відповідними каталогами та галузевими стандартами. При виборі типу та марки гідроциліндра необхідно розрахувати його основні конструктивні параметри, зокрема внутрішній діаметр циліндра D та діаметр штока d .

Внутрішній діаметр циліндра визначається в залежності від значення та напрямку діючого навантаження. Рівняння рівноваги сил, що діють на поршень має такий вид

$$p_1 S_1 - p_2 S_2 - F_{um} = 0, \quad (13.7)$$

де p_1, p_2 – тиск в порожнинах циліндра, які з'єднані відповідно з напірною та зливною гідролініями, Па; S_1, S_2 – площа поршня зі сторони відповідно напірної та зливної гідроліній, м²; F_{um} – навантаження на штоку гідроциліндра, Н. З урахуванням механічного ККД гідроциліндра $F_{um} = P/\eta_{мех}$.

Для гідроциліндра з одностороннім штоком, що працює на виштовхування поршня (рис. 13.4,а), діаметр визначається за формулою

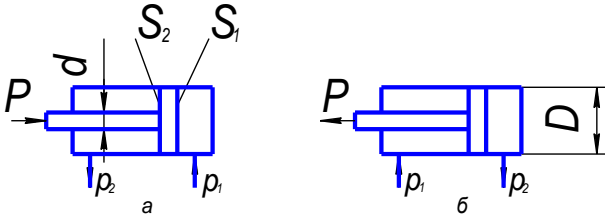
$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \eta_{мех} (p_1 - p_2 / \psi)}} \quad (13.8)$$

де P – зусилля на штоці, кН;

p_1, p_2 – відповідно тиск в напірній та зливній порожнинах гідроциліндра, МПа;

$\psi = \frac{S_1}{S_2} = \frac{D^2}{D^2 - d^2}$ – відношення площ поршня відповідно з

боку поршневої та штокової порожнин.



а) шток працює на стиснення; б) шток працює на розтягування

Рисунок 13.4 – Схеми до розрахунку гідроциліндрів

Для гідроциліндра з одностороннім штоком, що працює на втягування поршня (рис. 13.4,б), діаметр визначається за формулою

$$D = \sqrt{\frac{4P}{\pi \eta_{мех} (p_1 / \psi - p_2)}} \quad (13.9)$$

Протитиск p_2 залежить від гідравлічних втрат, які складаються з лінійних втрат та втрат в місцевих опорах трубопроводів і гідроапаратів, які встановлені на зливній лінії. Попередньо при розрахунках можна прийняти, що $p_1 = p_n$, $p_2 = 0,3...0,5$ МПа, потім ці тиски уточнюються.

Коефіцієнт відношення площ в залежності від виконання циліндра може мати такі значення:

- зі зменшеним діаметром штока – $\psi = 1,25$;
- з нормальним діаметром штока – $\psi = 1,33$;
- зі збільшеним діаметром штока – $\psi = 1,6$.

Для гідроциліндрів зі двостороннім штоком $\psi = 1$.

Діаметр штока визначають із співвідношення

$$d = D\sqrt{1-1/\psi} \quad (13.10)$$

Механічний ККД гідроциліндрів залежить від типу ущільнень. Для гідроциліндрів з манжетними ущільненнями $\eta_{мех} = 0,93...0,97$, з гумовим ущільненням та металевими кільцями $\eta_{мех} = 0,95...0,97$.

Розрахункові діаметри поршня та штока округляються до найближчого стандартного значення і потім уточнюються значення тисків в поршневій та штоковій порожнинах гідроциліндра:

$$p_n = \frac{4P}{\pi D^2}; \quad (13.11)$$

$$p_{ш} = \frac{4P}{\pi(D^2 - d^2)} \quad (13.12)$$

За знайденими значеннями D , d , p_n та враховуючи хід поршня, з каталогу вибирається необхідний гідроциліндр і визначаються його дані: D , d , $p_{ном}$, $p_{тах}$, $\eta_{ц}$ і $\eta_{мех}$.

Вибір трубопроводів (гідроліній) виконується на основі розрахунку внутрішніх діаметрів та товщини стінок.

Діаметри гідроліній визначаються за формулою

$$d = \sqrt{\frac{Q_p}{V_p}}, \quad (13.13)$$

де V_p – рекомендована швидкість руху робочої рідин (для всмоктувальних гідроліній $V_{p1} = 0,5...1,5$ м/с; для напірних – $V_{p2} = 3...6$ м/с; для зливних – $V_{p2} = 1,4...2,2$ м/с); Q_p – розрахункова витрата (для всмоктувальної гідролінії $Q_{p1} = Q_u$; для напірної – $Q_{p2} = Q_u$; для зливної – $Q_p = V_{um} \cdot S$).

Розрахункові значення діаметрів трубопроводів округлюються до найближчого більшого стандартного діаметра.

Товщина стінок трубопроводів визначається за формулою

$$\delta = \frac{d}{2} \left(\sqrt{\frac{\sigma_p + p}{\sigma_p - p}} - 1 \right) \quad (13.14)$$

де σ_p – допустиме напруження матеріалу трубопроводу (для сталевих трубопроводів $\sigma_p = 100...180$ МН/м², для труб з кольорових металів та сплавів $\sigma_p = 80...100$ МН/м²); d – діаметр трубопроводу; p – тиск.

Отримані розрахункові значення товщини стінок округлюються до найближчого більшого стандартного значення.

Гідроагрегати (розподільники, клапани, дроселі, регулятори потоку) і допоміжні пристрої вибираються для забезпечення заданих умов роботи та надійності гідропривода.

Схеми роботи елементів гідроприводу

В якості прикладу роботи основних компонентів гідросистеми розглянемо гідравлічний пристрій (рис. 13.5...13.8) для підймання вантажу та переміщення його у горизонтальній площині. На цих рисунках червоним кольором виділені магістралі та порожнини гідросистеми, в яких рідина знаходиться під тиском, а синім – ті, які тиск відсутній.

Основними елементами гідросистеми є такі компоненти.

Гідробак (*tank*) призначений для зберігання робочої рідини і який є основою на якій монтуються інші компоненти системи.

Гідравлічний насос (*pump*) засмоктує робочу рідину з баку та нагнітає її в гідросистему під тиском необхідним для здійс-

нення роботи виконавчими механізмами (гідроциліндри, гідромотори).

Гідророзподільники (*directional valve*) призначені для сполучення однієї порожнини виконавчого механізму з напірною магістраллю, а другої – зі зливною магістраллю, яка з'єднана з баком, або для пропускання рідини та перекриття потоку до інших компонентів системи.

Гідравлічні двигуни (*hydraulic motor*) призначені для перетворення енергії стисненої рідини в механічну енергію рухомих частин машини.

Запобіжний клапан (*pressure relief valve*) призначений для захисту системи шляхом обмеження величини тиску.

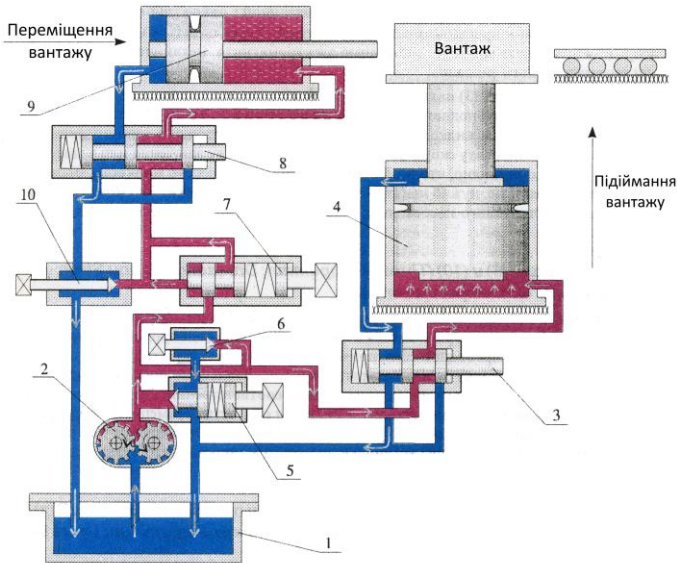
Гідравлічний дросель (*throttle*) призначений для регулювання витрати робочої рідини в гідросистемі.

Редукційний клапан (*reducing valve*) призначений для зниження тиску в магістралі за собою по відношенню до тиску в нагнітальній магістралі, якщо для нормальної роботи одного з гідравлічних двигунів не потрібен тиск, який створює насос.

На рис. 13.5 розподільник (3) знаходиться у крайньому правому положенні і з'єднує напірну магістраль насоса (2) з поршневою порожниною гідроциліндра (4), внаслідок чого вантаж рухається вгору. Швидкість руху поршня регулюється шляхом відкриття або закриття дроселя (6).

При досягненні поршнем крайнього верхнього положення (рис. 13.6) тиск в системі підвищується, і при досягненні заданого значення відкривається запобіжний клапан (5), внаслідок чого рідина скидається назад в бак.

Оскільки зусилля для горизонтального переміщення вантажу потрібно менше ніж для його підймання, то і тиск в гідроциліндрі (9) теж не потрібен великим. Для зменшення тиску в магістралі, по якій підводиться олива до гідроциліндра горизонтального переміщення, застосовується редукційний клапан (7). Налаштування необхідної величини тиску здійснюється зміною зусилля пружини, що діє на затвор клапана. Стан елементів гідросистеми при горизонтальному переміщенні поршня показано на рис. 13.7.



1 – гідробак (*tank*); 2 – насос (*pump*); 3,8 – гідророзподільник (*directional valve*); 4,9 – гідравлічний двигун (*hydraulic motor*); 5 – запобіжний клапан (*pressure relief valve*); 6,10 – гідравлічний дросель (*throttle*); 7 – редуційний клапан (*reducing valve*)

Рисунок 13.5 – Підіймання вантажу

На рис. 13.8 показано повернення гідроциліндра горизонтального переміщення назад та опускання гідроциліндра підіймача вниз за наступним вантажем. Зміна напрямку руху поршнів гідроциліндрів відбувається за рахунок перемикання гідророзподільників (3 і 8) в інше положення, так що напірна магістраль насоса і вихідна магістраль за редуційним клапаном по чергово з'єднуються то з поршневиими порожнинами відповідних гідроциліндрів, то з їх штоковими порожнинами. Тоді як протилежні порожнини сполучаються зі зливною магістраллю.

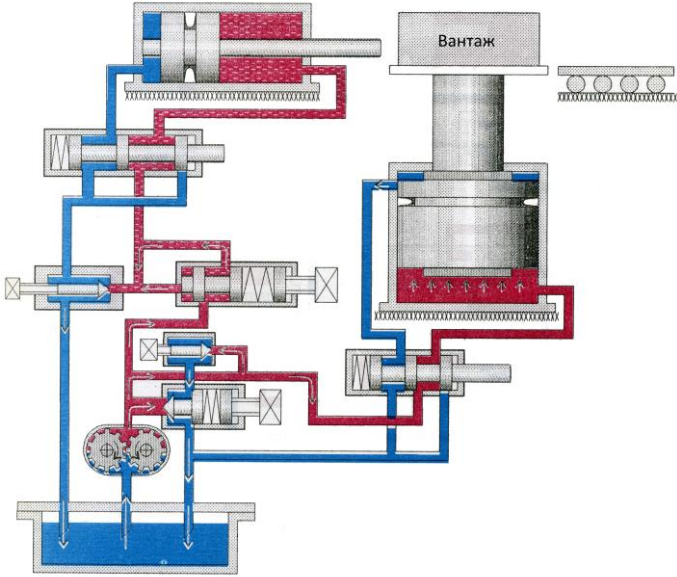


Рисунок 13.16 – Зупинка вантажу у верхній точці

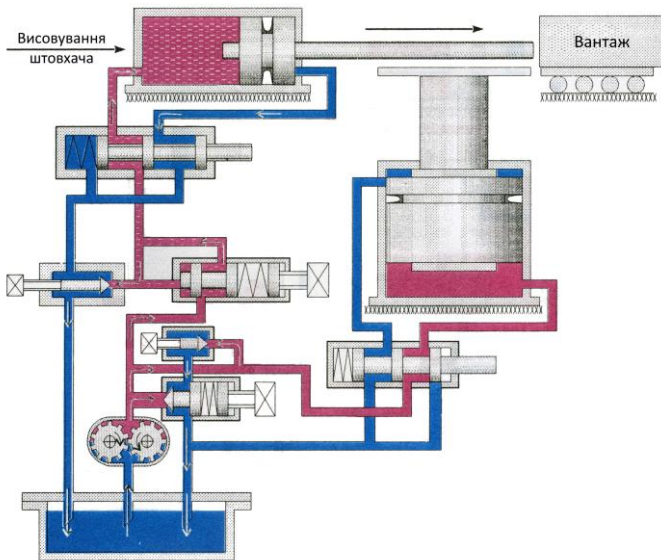


Рисунок 13.7 – Горизонтальне переміщення вантажу

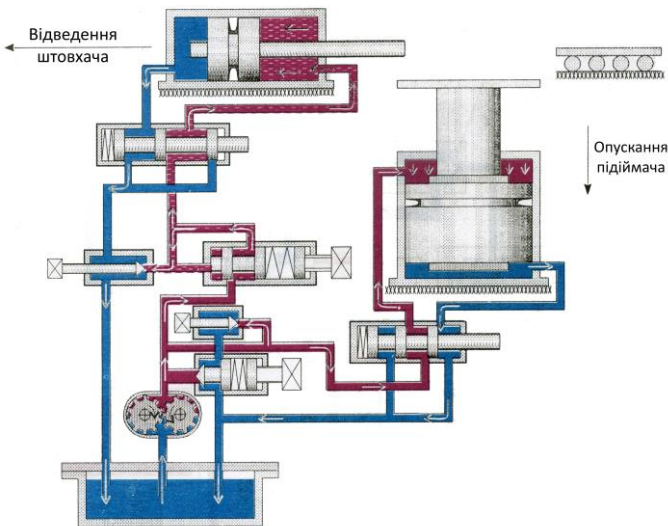


Рисунок 13.8 – Повернення у вихідне положення

Питання для самоперевірки:

1. Які бувають схеми встановлення дроселів в регульованих гідроприводах?
2. Як працюють схеми гідроприводів показані на рисунку 13.1?
3. Як розраховується швидкість переміщення поршня при послідовному включенні дроселя та від чого вона залежить?
4. Як розраховується швидкість переміщення поршня при паралельному включенні дроселя та від чого вона залежить?
5. Який характер мають навантажувальні характеристики гідроприводів при послідовному включенні дроселя?
6. Який характер мають навантажувальні характеристики гідроприводів при паралельному включенні дроселя?
7. Які дані необхідно мати для розрахунку гідроприводів?
8. Як визначаються діаметри поршня та штока гідроциліндра?
9. Як визначається діаметр гідроліній гідропривода?
10. Як визначається товщина стінок гідроліній гідропривода?
11. В якій послідовності здійснюється робота елементів гідро-системи зображеної на рис. 13.5...13.8?

Тема 14

Пневматичний привод

Пневматичний привод – це сукупність пристроїв призначених для приведення в дію механізмів та машин за допомогою стисненого повітря.

Переваги та недоліки пневмоприводів

Основними перевагами пневмоприводів у порівнянні з гідроприводом є:

1. Пожежо- та вибухобезпечність в роботі (стиснене повітря не утворює горючих та вибухонебезпечних сумішей);
2. Відносно невеликі втрати тиску в пневмолініях;
3. Робота без зворотних трубопроводів (спрацьоване повітря скидається в атмосферу);
4. Великі допустимі швидкості руху стисненого повітря (до 10 м/с і більше).

Основними недоліками пневмоприводу є:

1. Низький ККД (25...30%);
2. Незначні створювані зусилля;
3. Необхідність наявності пристроїв для мащення поверхні рухомих частин;
4. Робота пневмопривода супроводжується значним шумом внаслідок викидання спрацьованого повітря в атмосферу.

Властивості повітря

Робочим тілом в пневматичних системах є стиснене повітря, яке являє собою механічну суміш з азоту та кисню (відповідно 78 та 21 %) і інших газів в невеликій кількості (аргон, вуглекислий газ і т.п.), а також водяної пари.

Повітря, що містить водяну пару, є вологим і характеризується абсолютною та відносною вологістю. *Абсолютна вологість* визначається кількістю водяної пари в одиниці об'єму повітря. Відношення абсолютної вологості до максимальної кількості пари, яка може вміщуватись в одиниці об'єму повітря при тій же температурі та тиску, називається *відносною вологістю*. Коли відносна вологість більша ніж 100%, то з повітря виділяється конденсат. Конденсація

вологи відбувається в приладах та трубопроводах, де температура стисненого повітря зменшується. Влітку конденсат зливається через кран для зливання конденсату і істотної шкоди не завдає. Взимку вода замерзає, утворюючи крижані пробки, які призводять до відмов пневмоприводу. Тому в системах підготовки повітря повинні бути пристрої для його сушіння (дегідратори).

В мобільних машинах зменшення вологи в стисненому повітрі здійснюється за допомогою спеціальних пристроїв – вологовіддільників або зниженням температури замерзання води шляхом додавання в стиснене повітря парів спеціальних рідин (антифризів), які мають низьку температуру замерзання.

Якщо джерелом стисненого повітря є поршневий компресор, то в повітрі знаходяться пари оливи, які негативно впливають на роботу пневматичних пристроїв (олива забиває дроселі, руйнує гумові деталі та ущільнення, спричиняє порушення герметичності пневмосистеми). Для очищення повітря від оливи використовуються вологооливоддільники.

На практиці при термодинамічних розрахунках користуються параметрами стисненого повітря. Поправка на вологість вноситься тільки при особливих вимогах до точності. Основними параметрами, що характеризують стан стисненого повітря, є тиск p , температура T та густина ρ .

Стиснене повітря звичайно розглядається як ідеальний газ, тобто газ, у якого відсутні сили зчеплення між молекулами, а молекули є матеріальними точками і не мають об'єму. Реальний газ відрізняється від ідеального головним чином наявністю сил тертя. Параметри стану газу (p , T , ρ) зв'язані між собою рівнянням стану, вид якого залежить від властивостей газу. У залежності від зміни стану газу розрізняють декілька видів термодинамічних процесів, характеристики яких приведені в таблиці 14.1.

Таблиця 14.1 – Характеристики термодинамічних процесів

Назва процесу	Значення n в рівнянні $p v^n = const$	Рівняння процесу	Залежність між параметрами
Ізохоричний	$\pm \infty$	$v = const$	$\frac{p_2}{p_1} = \frac{T_2}{T_1}$
Ізобаричний	0	$p = const$	$\frac{v_2}{v_1} = \frac{T_2}{T_1}$
Ізотермічний	1	$p v = const$	$\frac{p_2}{p_1} = \frac{v_2}{v_1}$
Адіабатичний	k	$p v^k = const$	$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{k-1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{k-1}{k}}$
Політропічний	від $-\infty$ до $+\infty$	$p v^n = const$	$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{v_1}{v_2}\right)^{n-1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{\frac{n-1}{n}}$

де $v = \frac{W}{m}$ ($\text{м}^3/\text{кг}$) – питомий об'єм.

де W і m – об'єм і маса речовини.

Питомий об'єм – величина обернена густині $v = \frac{1}{\rho}$.

Основи розрахунків газопроводів

При сталому русі в'язкого газу по трубі постійного діаметра масова витрата потоку Q_m залишається постійною і відповідно буде справедливим рівняння

$$Q_m / \omega = V_1 \rho_1 = V_2 \rho_2 = V_n \rho_n = const \quad (14.1)$$

де V – швидкість руху газу; ω – площа поперечного перерізу труби; ρ – густина газу.

Так як при русі газу виникає тертя, то тиск зменшується вздовж потоку і відповідно газ розширюється, що призводить до

зменшення його густини ρ і відповідно до збільшення швидкості V . При відсутності теплообміну з зовнішнім середовищем процес розширення при русі газу буде адіабатним, а при інтенсивному теплообміні температура газу вздовж труби залишається постійною, тобто має місце ізотермічний процес. Таким чином чим коротший трубопровід, тим буде ближчим процес до адіабатичного, і навпаки, чим довший трубопровід, тим ближчим буде процес до ізотермічного. Оскільки трубопроводи мають, як правило, значну довжину, то вважається що рух газу в них ізотермічний.

Виразивши число Рейнольдса для потоку газу в трубці через його масову витрату та динамічну в'язкість маємо

$$\text{Re} = \frac{4Q_m}{\pi d \mu}. \quad (14.2)$$

Звідси видно, що число Рейнольдса може змінюватись вздовж потоку в трубці постійного діаметру лише за рахунок зміни в'язкості μ . Але в'язкість газів не залежить від тиску, визначається лише температурою, тому при ізотермічному процесі руху газу по трубці число Рейнольдса буде залишатися постійним вздовж потоку. Відповідно коефіцієнт втрат на тертя λ також буде постійною величиною вздовж труби постійного діаметру, незважаючи на збільшення швидкості потоку газу.

Масова витрата газу визначається за формулою

$$Q_m = \frac{\pi d^2}{4} \rho V = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{(p_1^2 - p_2^2)}{\left(\lambda \frac{l}{d} + 2 \ln \frac{p_1}{p_2}\right) RT}} \quad (14.3)$$

В довгих трубопроводах при русі газу зі швидкостями, які значно менші звукових

$$\lambda \frac{l}{d} \gg 2 \ln \frac{p_1}{p_2}$$

і відповідно масова витрата газу визначається за формулою

$$Q_m = \frac{\pi d^2}{4} \sqrt{\frac{(p_1^2 - p_2^2) d}{\lambda l RT}} \quad (14.4)$$

Коефіцієнт λ визначається таким же чином, як і для нестискуваних рідин за числом Рейнольдса та відносною шорсткістю.

Елементи пневмоприводів

В пневмоприводах використовуються наступні пристрої та елементи:

- компресори – для утворення стисненого повітря;
- пристрої підготовки повітря;
- виконуючі пристрої – для здійснення роботи;
- пневмоапаратура – пристрої для керування пневмоприводами. До них відносяться дроселі, клапани різного призначення та розподільники;
- допоміжні пристрої – ресивери, теплообмінники, глушники, фільтри.

Всі елементи пневмоприводу зв'язані між собою пневматичними лініями.

Пневматичні елементи та пристрої високого тиску призначені для роботи на очищеному стисненому повітрі з тиском до 0,63...1,0 МПа (6,3...10 кгс/см²).

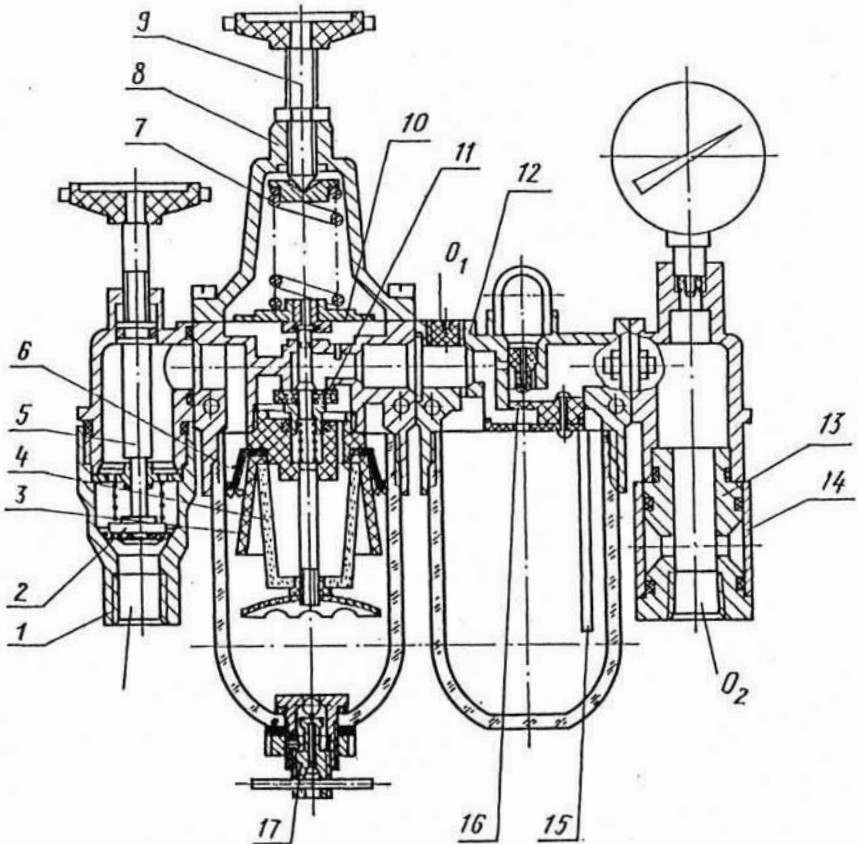
Пневмоблоки підготовки повітря

Пневмоблоки підготовки повітря призначені для підготовки стисненого повітря в пневматичних приводах та системах технологічного обладнання. До складу пневмоблока підготовки повітря, при максимальній кількості апаратів, входять комбінований апарат фільтр-регулятор, вхідний вентиль (запірна частина якого виконує також функцію зворотного клапана), розпилювач оливи, реле тиску, манометр та випускний клапан (рис. 14.1).

Пневмоблок підготовки повітря встановлюється в місцях зручних для огляду, обслуговування та контролю параметрів в вертикальному положенні фільтром вниз (відхилення від вертикалі не більше 5°).

Ступінь забруднення стисненого повітря, що підводиться до блоку підготовки повітря, повинна бути не більше 12 класу забруднення. Для розпилювачів використовується мінеральні оливи з

в'язкістю не більше $35 \text{ мм}^2/\text{с}$ (сСт), при температурі $+50^\circ\text{C}$, які очищені не грубіше 14 класу чистоти.



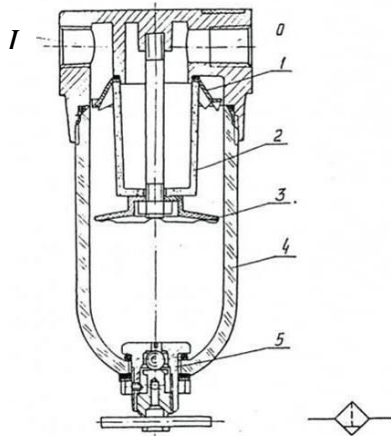
1 - вхідний вентиль; 2,11 - клапан; 3 - дефлектор; 4 - фільтруючий елемент; 5 - шток; 6 - крильчатка; 7 - навантажувальна пружина; 8 - фільтр-регулятор; 9 - гвинт; 10 - жорсткий центр; 12 - розпилювач оливи; 13 - випускний клапан; 14 - затвор; 15 - оливозабірна трубка; 16 - пружний елемент; 17 - ручний пристрій для відведення конденсату.

Рисунок 14.1 – Пневмоблок підготовки повітря

Фільтри вологовідділювачі

Фільтри вологовідділювачі призначені для очищення стисненого повітря від твердих частинок, води та мінеральних олив в пневматичних приводах та системах. Конструкція фільтра вологовідділювача показана на рис. 14.2.

Стиснене повітря підводиться до отвору *I* в корпусі і попадаючи на крильчатку 1 отримує обертовий рух вниз. Краплини води, масла, а також твердих частинок, що знаходяться в стисненому повітрі, під дією відцентрових сил відкидається на стінки і опускається вниз в спокійну зону, яка відокремлена заслінкою 3. Прозорий матеріал стакана 4 дозволяє слідкувати за кількістю конденсату і проводити своєчасне його відведення.



I – крильчатка, 2 – фільтр, 3 – заслінка, 4 – стакан

Рисунок 14.2 – Фільтр-вологовідділювач

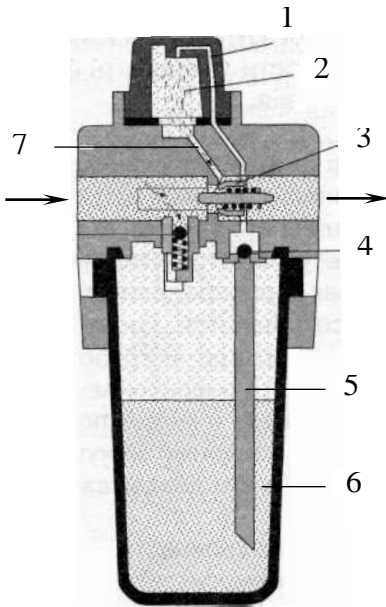
Фільтри вологовідділювачі монтуються в пневмосистемах у вертикальному положенні безпосередньо на трубопроводі з використанням під'єднувальних різьбових отворів. При монтажі фільтра вологовідділювача стрілка на його корпусі повинна співпадати з напрямом руху повітряного потоку.

Рівень конденсату в резервуарі не повинен підійматися вище заслінки. По мірі наповнення конденсат повинен зливатись з резервуару через спускний кранік. Через кожні два-три місяці фільтр не-

обхідно знімати та промивати уайт-спіритом з наступним продуванням його чистим повітрям в напрямі протилежному потоку повітря при роботі.

Розпилювачі оливи

Розпилювачі оливи (рис.14.3) призначені для вприскування в стиснене повітря розпиленої оливи, яка змащує поверхні тертя пневматичних пристроїв.



1 – канал для підведення оливи; 2 – крапельниця; 3 – звужувальний пристрій; 4 – кульковий клапан; 5 – трубка для підймання оливи; 6 – олива; 7 – канал

Рисунок 14.3 – Розпилювач оливи

Принцип дії розпилювача оливи побудований на тому, що при протіканні потоку повітря через звужувальний пристрій виникає різниця тисків в резервуарі з оливою та камерою розпилювання. Внаслідок різниці тисків олива підіймається вертикально вгору і потім через канал підведення попадає в камеру розпилення. Повітряним потоком олива у вигляді туману транспортується до пневмосистеми.

Кількість оливи, що подається в повітря, від 1 до 10 крапель на 1м^3 . При надмірній подачі оливи можливі такі проблеми:

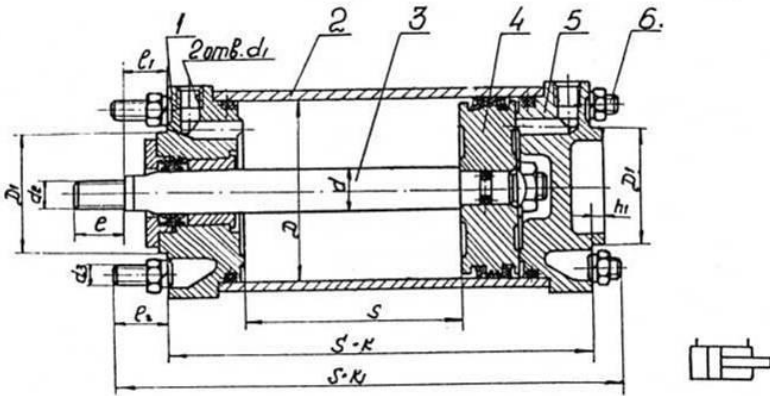
- порушення роботи елементів системи;
- підвищене забруднення оточуючого середовища;
- злипання елементів системи після тривалого перебування у стані спокою.

Як правило розпилювач оливи встановлюється безпосередньо перед пристроєм, що потребує мащення.

Пневмоциліндри поршневі

Пневмоциліндри поршневі призначені для перетворення енергії стисненого повітря у зворотньо-поступальний рух штока.

Конструкція поршневого стаціонарного пневмоциліндра двохсторонньої дії показана на рис.14.4.



1,5 – кришки, 2 – гільза, 3 – шток, 4 – поршень, 6 – шпилька

Рисунок 14.4 – Пневмоциліндр поршковий двохсторонньої дії

В гільзі 2 розміщується шток 3, на кінці якого закріплено поршень 4. Гільза з двох сторін закривається кришками: задньою 5 та передньою 1. З'єднання кришок з гільзою здійснюється шпильками 6. Ущільнення нерухомих з'єднань здійснюється гумовими кільцями *O* – подібного перерізу, а ущільнення рухомих з'єднань – манжетами.

Неметалевий центруючий пояс поршня зменшує стирання гільзи та втрати на тертя. Для підвищення корозійної стійкості та зменшення втрат на тертя робочі поверхні гільзи та штока хромують.

При подачі стисненого повітря в одну з порожнин циліндра, при з'єднаній другій порожнині з атмосферою, поршень разом зі

штоком переміщується, створюючи штовхаюче або тягуче зусилля.

Конструкція поршневого пневмоциліндра односторонньої дії показана на рис.14.5.

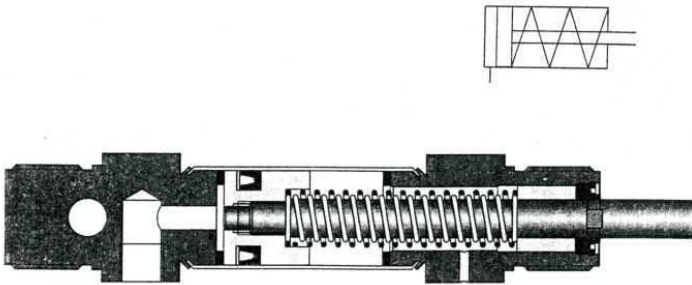


Рисунок 14.5 – Пневмоциліндр поршневий односторонньої дії

Основними технічними параметрами пневмоциліндрів є:

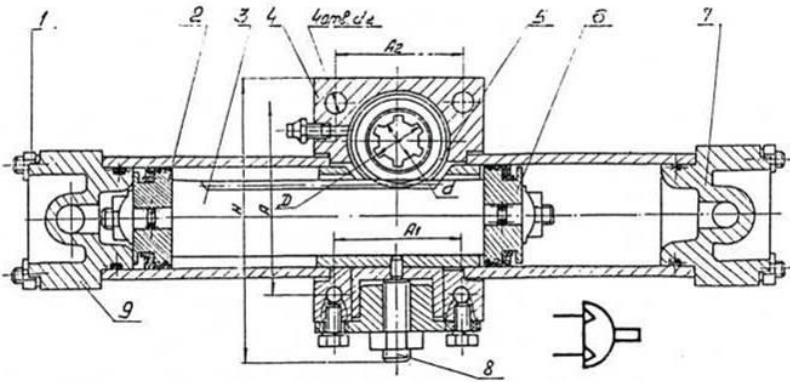
1. Номінальний тиск, МПа;
2. Зусилля на штоку при номінальному тиску, Н або кгс;
3. Швидкість переміщення штока, м/с;
4. Падіння тиску, що виникає в результаті витікання повітря через ущільнення рухомих з'єднань за 10 хв., МПа або кгс/см²;
5. Тиск початку руху поршня, МПа або кгс/см²;
6. Ресурс, подвійних ходів;
7. Напрацювання на відмову, подвійних ходів.

Пневмодвигуни поршневі поворотні

Пневмодвигуни поршневі поворотні призначені для здійснення обертових рухів механізмів промислових роботів (поворот колони, ротація та нахилення захвату), станків, пресів та других машин з пневматичними та пневмогідравлічними приводами.

Пневмодвигуни поршневі поворотного типу виконані на базі “шестерня-рейка”. Шестерня 5 (рис.14.6) розміщена в корпусі 4 і входить в зачеплення зі штоком рейкою 3 пневмоциліндрів одно-

торонньої дії, які встановлені на одній осі по обидві сторони корпусу.



1,8 – болт; 2,6 – поршень; 3 – рейка; 4 – корпус; 5 – шестерня; 7,9 – кришка

Рисунок 14.6 – Пневмодвигун поршневий поворотний без гальмування

При подачі стисненого повітря через отвір в одній з кришок 7 або 9 відбувається поступальне переміщення поршнів 2 та 6, яке перетворюється передачею “рейка-шестерня” у поворотний рух шестерні, з’єднаної шліцьовим валом з виконуючим механізмом.

Пневмодвигун поршневий поворотний з постійним вихідним крутним моментом на валу показано на рис. 14.7.

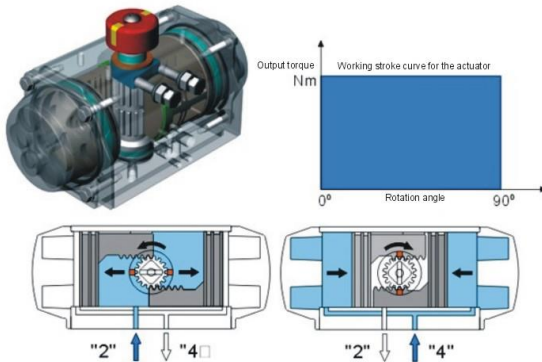
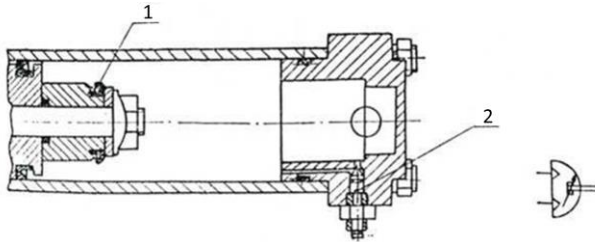


Рисунок 14.7 – Пневмодвигун поршневий поворотний

(output torque – вихідний крутний момент; working stroke curve for the actuator – робочий хід дуги повороту для приводу; rotation angle – кут повороту)

У виконанні пневмодвигунів поршневих поворотних з гальмуванням (рис.14.8) на штоку поршня встановлена манжета 1, а на кришці – регульований дросель 2, який забезпечує гальмування штока в кінці ходу. Гальмування штока забезпечується дроселюванням стисненого повітря на виході в атмосферу після входження манжети в отвір кришки. При цьому вихлоп в атмосферу відбувається через регульований дросель, основний вихід в атмосферу відсікається.



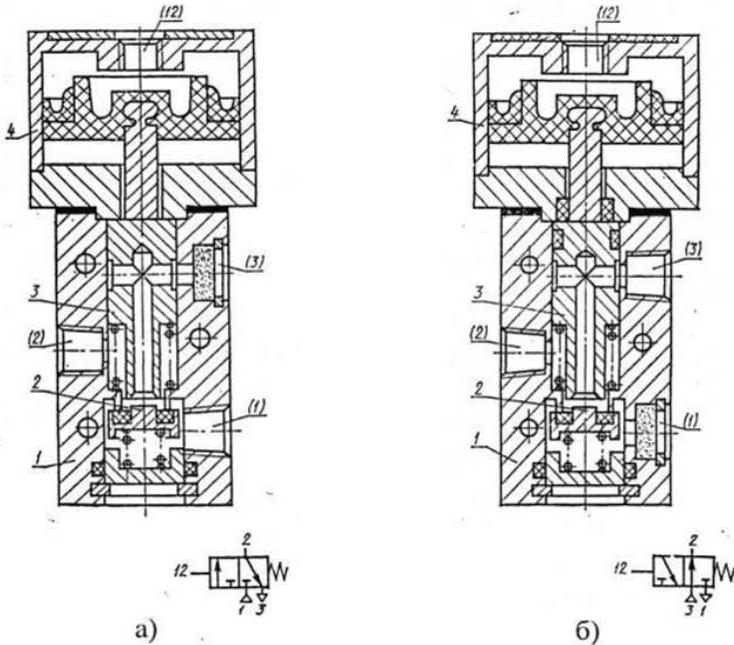
1 – манжета; 2 – регульований дросель

Рисунок 14.8 – Пневмодвигун поршневий поворотний з гальмуванням

Пневморозподільники

Пневморозподільники призначені для зміни напрямів потоків стисненого повітря в пневмоприводах різного призначення. Конструкція пневморозподільника двохпозиційного трьохлінійного з одностороннім пневматичним управлінням нормально-закритого (Н.З.) та нормально-відкритого (Н.В.) показана на рисунку 14.9. На рисунку цифри в дужках відповідають маркуванню отворів на пристрої та нумерації каналів на умовному графічному позначенні. В корпусі 1 розміщені підпружинені клапан 2, штовхач 3, ущільнений еластичними кільцями. До корпусу кріпиться пневмопривод 4.

При відсутності керуючого сигналу на вході (12) штовхач та клапан утримуються у верхньому (по рисунку) положенню, при цьому отвори (2) та (3) з'єднані між собою каналами, які виконані у штовхачі, а отвір (1) відокремлено від вихідного отвору (2).



а) нормально-закритий (Н.З.) б) нормально-відкритий (Н.В.)

1 – корпус; 2 – клапан; 3 – штовхач; 4 – пневмопривод

Рисунок 14.9 – Пневморозподільник трьохлінійний

При роботі пневморозподільника по схемі нормально-закритого виконання стиснене повітря підводиться до отвору (1), отвір (2) з'єднано з споживачем, а отвір 3 – з атмосферою. При надходженні керуючого сигналу до отвору (12) поршень пневмопривода переміщується вниз і діє на штовхач. Штовхач переміщуючись вниз упирається в гумовий вкладиш клапана, роз'єднуючи отвори (2) і (3). При подальшому переміщенні штовхача клапан відривається від сідла і відкриває прохід стисненому повітрю з отвору (1) до отвору (2).

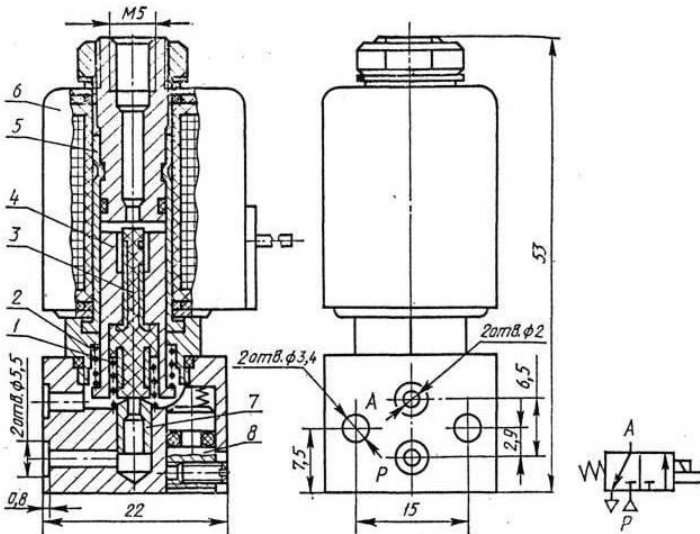
При роботі пневморозподільника по схемі нормально-відкритого виконання стиснене повітря підводиться до отвору (3) і вільно проходить до вихідного отвору (2), з'єднаного зі споживачем. Атмосфера – отвір (1) – ізолювана клапаном. При подачі тиску управління поршень пневмопривода діючи на штовхач роз'єднує канали (3) та (2) і з'єднує вихідний канал з атмосферою.

Пневморозподільники з електромагнітним керуванням

Пневморозподільники з електромагнітним керуванням призначені для керування потоком стисненого повітря в пневмоприводах різного призначення.

Конструкція пневморозподільника двохпозиційного трьохлінійного нормально-закритого з одностороннім електромагнітним керуванням показана на рисунку 14.10, на якому літерою Р позначено отвір для підведення стисненого повітря, літерою А – отвір виходу до споживача. В котушці 6 розміщена гільза 5 з упором. В середині гільзи розміщено якір 4 з ущільнюючим вузлом 3 та пружини 1,2. Ущільнюючий вузол розміщено на одній осі з сідлом 7.

При відсутності струму в електромагніті якір притискується пружиною до сідла і перекриває канал через який підводиться стиснене повітря, а вихідний канал (до споживача) з'єднаний з атмосферою через пази на зовнішній поверхні якоря.



1,2 – пружини; 3 – ущільнюючий вузол; 4 – якір; 5 – гільза;
6 – котушка; 7 – сідло; 8 – кнопка управління

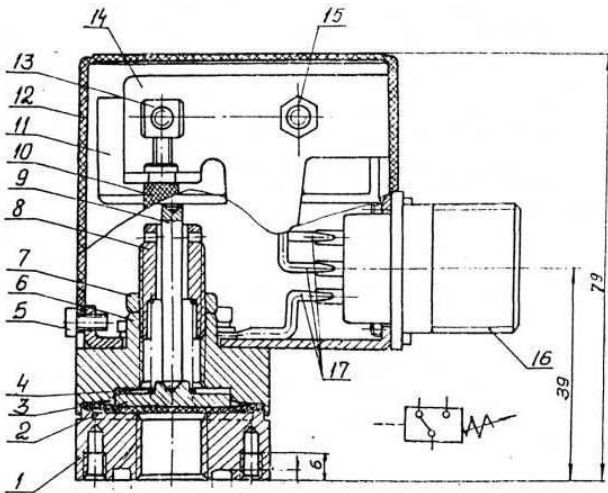
Рисунок 14.10 – Пневморозподільник трьохлінійний з електромагнітним керуванням

При подачі напруги на електромагніт якір пересилує зусилля пружини і переміщується до упору, закриваючи вихід в атмосферу і відкриває канал, з'єднаний з отвором підведення стисненого повітря.

В деяких пневморозподільниках передбачене ручне дублювання електричного сигналу. Ручне керування передбачене для проходження повітря через пневморозподільвач при налазці (при вимкненому живленні) і здійснюється підняттям якоря у верхнє положення.

Реле тиску

Реле тиску (рис.14.11) призначене для контролю тиску робочого середовища в пневматичних системах.



1,6 – фланець; 2 – жорсткий центр; 3 – мембрана; 4 – регульовальна пружина; 5 – гвинт кріплення; 7 – контргайка; 8 – втулка; 9 – штовхач; 10 – регульовальний гвинт; 11 – мікрореле; 12 – кришка; 13 – затискач; 14 – контакти; 15 – гайка; 16 – штепсельне роз'єднання; 17 – дроти

Рисунок 14.11 – Реле тиску

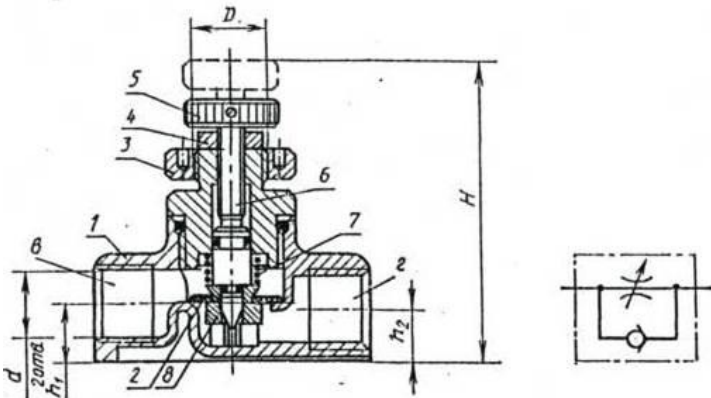
Між нижнім фланцем 1 та верхнім фланцем 6 закріплена мембрана 3, яка передає зусилля від тиску стисненого повітря через жорсткий центр 2 та штовхач 9 на шток мікрореле 11. Штовхач розміщено на втулці 8, яка загвинчена у верхній фланець та стопо-

рється контргайкою 7. Між торцями жорсткого центру та втулки встановлена регулювальна пружина 4. Мікрровимикач встановлено на кронштейні 14 та закріплено гвинтом і гайкою 15 та затискачем 13 з регулювальним гвинтом 10. До кронштейна кріпиться штепсельне роз'єднання 16, клеми якого з'єднані дротами 17 з клемами мікрровимикача та з масою.

Тиск, що контролюється, підводиться через отвір К 1/4". При досягненні тиском величини, що відповідає зусиллю налаштування пружини, мембрана з жорстким центром переборює зусилля пружини і діє за допомогою штовхача на шток мікрровимикача, викликаючи спрацювання реле. При зменшенні тиску жорсткий центр з мембраною повертається в початкове положення під дією пружини 4 та пружини мікрровимикача.

Пневмодроселі зі зворотним клапаном

Пневмодроселі зі зворотним клапаном призначені для регулювання витрат стисненого повітря в одному напрямку та забезпечення вільного проходження повітря у зворотному напрямку в пневматичних системах керування. Конструкція пневмодроселя зі зворотним клапаном приведена на рисунку 14.12.



1 – корпус; 2 – манжета; 3, 4 – гайка, 5 – ручка; 6 – дросель;
7 – пружина; 8 – сідло

Рисунок 14.12 – Пневмодросель зі зворотним клапаном

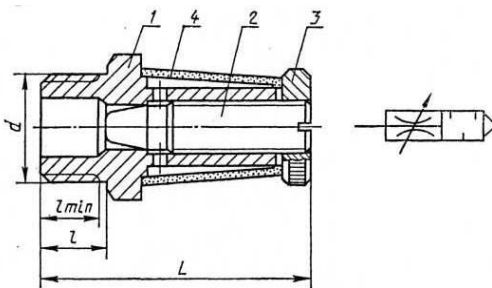
Стиснене повітря підводиться до порожнини *в*. Манжета 2 притискується до сідла 8 тиском повітря і потік повітря проходить в порожнину *г* через кільцеву щілину, яка утворена конусом дроселя 6 та сідлом 8. Сідло притиснене до корпусу 1 пружиною 7. Настройка пневмодроселя на певну витрату відбувається поворотом регулювальної ручки 5, положення якої фіксується гайкою 4. При зміні напрямку потоку стисненого повітря манжета відходить від сідла в корпусі, забезпечуючи вільне проходження стисненого повітря у зворотному напрямі.

Пневмодросель зі зворотним клапаном монтується безпосередньо на трубопроводі в будь-якому положенні.

Пневмодроселі з глушником

Пневмодроселі з глушником призначені для настроювання витрати та зменшення рівню шуму при скиданні відпрацьованого повітря з пневмоприводу та пневмосистеми в атмосферу.

Конструкція дроселя з глушником показана на рис.14.13.



1 – штуцер; 2 – гвинт; 3 – гайка; 4 – стакан

Рисунок 14.13 – Пневмодросель з глушником

Штуцер 1 має на одному кінці зовнішню різьбу та шестигранник, а на другому – наскрізний отвір з різьбою, в якому переміщується гвинт 2 з конічним кінцем, який перекриває, в залежності від положення гвинта, радіальні отвори. Гайка 3, що нагвинчується на вільний кінець гвинта 2, служить для стопоріння гвинта, а також для кріплення стакана 4. Стакан виготовляється з металокераміки з про-

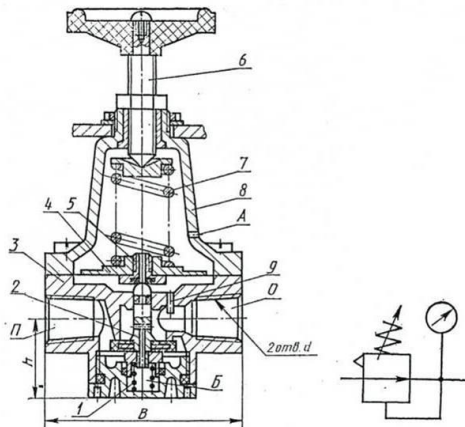
никними порами, він охоплює штуцер і є звукопоглинаючим елементом конструкції.

Пневмоклапан редукційний

Пневмоклапани редукційні, з ручною або пневматичною наладкою тиску на виході, призначені для зниження тиску стисненого повітря та підтримування його на заданому рівні в пневматичних системах управління обладнанням.

Пневмоклапан редукційний з ручною наладкою тиску на виході виконується по схемі статичного регулятора зворотної дії з пружинним навантаженням, мембранним чутливим елементом та збалансованим дросельним клапаном.

Конструкція редукційного пневмоклапану показана на рис.14.14. В корпусі 3 та стакані 8 розміщені дросельний клапан 2 з пружиною 1, мембранний вузол 4 з клапаном викиду 5, навантажувальна пружина 7, що діє на мембранний вузол, з навантажувальним гвинтом 6.



1 – пружина; 2 – дросельний клапан; 3 – корпус; 4 – мембранний вузол; 5 – клапан; 6, 7 – навантажувальний гвинт та пружина; 9 – отвір

Рисунок 14.14 – Пневмоклапан редукційний з ручним налагодженням тиску на виході

Принцип дії редукційного пневмоклапану будується на автоматичній зміні прохідного отвору клапана при зміні тиску та витра-

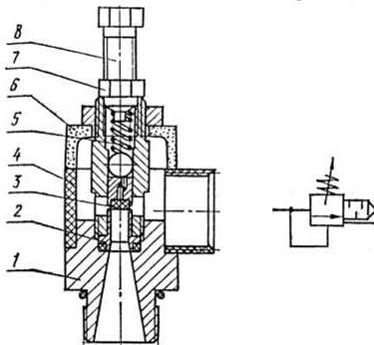
ти на вході (отвір Π) та підтримування, таким чином, постійного тиску на виході пневмоклапана (отвір O).

При зниженні вихідного тиску мембрана під дією навантажувальної пружини прогинається і віджимає дросельний клапан, збільшуючи витрату і тиск повітря. Дросельний клапан виконано розвантаженим від дії тиску на вході (збалансований дросельний клапан). Порожнина під клапаном B ізольована від вхідного отвору і з'єднана через отвір в дросельному клапані з вихідною порожниною пневмоклапана редукційного. Наявність збалансованого дросельного клапана забезпечує більшу точність підтримування тиску на виході.

При підвищенні тиску на виході вище тиску настроювання мембранний вузол переміщується вгору в результаті чого стиснене повітря через отвір в клапані 5 та через отвір A скидається в атмосферу і тиск на виході пневмоклапана редукційного зменшується до величини, яка задається регулюванням навантажувальної пружини. Наявність каналу скидання дозволяє забезпечувати налаштування пневмоклапана – перехід з високого тиску на виході на низький при відсутності витрат повітря на виході редукційного пневмоклапана.

Пневмоклапан граничного тиску

Пневмоклапан граничного тиску (рис.14.15) призначений для зниження тиску до заданої величини.



*1,4 – штуцер; 2 – сідло клапана; 3 – клапан; 5 – пружина;
6 – діафрагма; 7 – контргайка; 8 – гвинт*

Рисунок 14.15 – Пневмоклапан граничного тиску

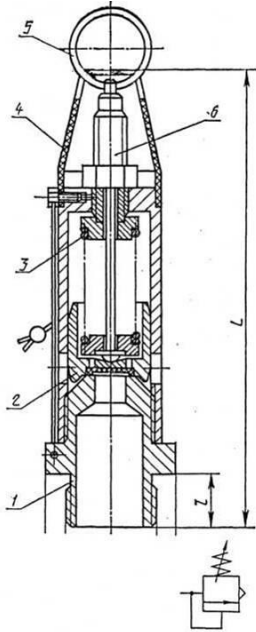
Пневмоклапан складається з приєднувального штуцера 1, в якому розміщено клапан 3 та сідло клапана 2, вихідного штуцера 4 та глушника 6. Клапан притискується до сідла пружиною 5. Зусилля притискування клапана регулюється гвинтом 8 та фіксується контргайкою 7. При перевищенні тиску під клапаном тиску, що визначається налаштуванням пружини, клапан відходить від сідла, забезпечуючи вільний вихід повітря в атмосферу через глушник.

Пневмоклапан запобіжний

Запобіжні пневмоклапани призначені для автоматичного скидання стисненого повітря з замкнутого об'єму в атмосферу при перевищенні тиску над заданим і використовується для захисту пневмосистем від перевантаження.

Запобіжний клапан (рис.14.16) являє собою пружинну конструкцію яка забезпечує високу пропускну здатність при відкриванні клапана для зменшення тиску в системі.

При підвищенні тиску під клапаном, більшому ніж тиск, що визначається пружиною 3, клапан 2 відходить від сідла у верхній частині штуцера 1 і відкриває отвір для вільного виходу повітря. Сила тиску струменю повітря підтримує клапан 2 в піднятому положенні до тих пір, поки тиск в системі не стане нижчим тиску налаштування, після чого клапан закривається. Пристрій для примусового відкривання призначений для перевірки працездатності клапана шляхом продувки, для цього необхідно потягнути вверх кільце 5. Пружина 3 стискується і клапан 2 звільняється від її дії. Якщо клапан не заклинено, то він відходить від сідла і відкриває вихід для повітря. Для запобігання переналаштування клапана встановлено захисний ковпачок 4 з пломбою. Клапан регулюється гвинтом 6.



*1 – штуцер; 2 – клапан; 3 – пружина; 4 – ковпачок; 5 – кільце;
6 – гвинт*

Рисунок 14.16 – Пневмоклапан запобіжний

Питання для самоперевірки:

1. Що таке пневматичний привод?
2. Які переваги та недоліки пневматичного приводу?
3. Які властивості стисненого повітря?
4. Як впливає волога в стисненому повітрі на роботу пневмопривода?
5. Які можуть відбуватися термодинамічні процеси в пневмоприводах?
6. Як змінюється тиск та швидкість руху газу в трубопроводах по довжині?
7. Як змінюється число Рейнольда в трубопроводі вздовж потоку при ізотермічному процесі?
8. Від яких параметрів залежить масова витрата газу в трубі?
9. З яких елементів складається система пневмоприводів?
10. Яке призначення блока підготовки повітря і з яких елементів він складається?
11. Яке призначення фільтра-вологівідділювача і який принцип його дії?
12. Яке призначення розпилювачів масла та який принцип їх дії?
13. Яке призначення та будова поршневих пневмоциліндрів?
14. Які основні параметри пневмоциліндрів?
15. Який принцип дії поршневих поворотних пневмодвигунів?
16. Як забезпечується гальмування поршня в пневмодвигунах з гальмуванням?
17. Яке призначення пневморозподільників?
18. Який принцип роботи трьохлінійних пневморозподільників?
19. Який принцип дії пневморозподільника з електромагнітним керуванням?
20. Яке призначення реле тиску та який принцип його дії?
21. Яке призначення пневмодроселів зі зворотним клапаном та який принцип їх дії?
22. Яке призначення пневмодроселів з глушником та який принцип їх дії?
23. Яке призначення редукційних клапанів та який принцип їх дії?
24. Яке призначення пневмоклапанів граничного тиску та який принцип їх дії?
25. Яке призначення запобіжних пневмоклапанів та який принцип їх дії?

Навчальне видання

ДИНАМІЧНІ ПОТОКОВІ СИСТЕМИ
(розділ «Приводи динамічних поточкових систем»)

Курс лекцій

МОРОЗ Олександр Миколайович
СЕРЕДА Анатолій Іванович

Формат 60×84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 2,90. Наклад 100 пр.
ДБТУ
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44

