

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія аеронавігації

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

навчальної дисципліни

«Гідравліка та гідропневмопристрої авіаційної техніки»

обов'язкових компонент

освітньо-професійної програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

Технічне обслуговування та ремонт повітряних суден і авіадвигунів

за темою № 10 - «Гідророзподільники, регулююча і направляюча гідроапаратура»

Харків 2021

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 23.09.2021 № 8

СХВАЛЕНО

Методичною радою Кременчуцького
льотного коледжу Харківського
національного університету
внутрішніх справ
Протокол від 22.09.2021 № 2

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 22.09.2021 № 8

Розглянуто на засіданні циклової комісії аеронавігації протокол від
30.08.2021 № 1

Розробник: викладач циклової комісії аеронавігації, проф., к.т.н.
Павленко О. В.

Рецензенти:

1. Викладач Кременчуцького льотного коледжу Харківського національного університету внутрішніх справ, к. т. н., с. н. с., спеціаліст вищої категорії, викладач-методист Тягній В. Г.

2. Доцент кафедри автомобілів і тракторів Кременчуцького національного університету ім. Михайла Остроградського, к.т.н., Черненко С. М.

План лекції

1. Загальні відомості про гідропривід
2. Гідророзподільники
3. Гідроклапани
4. Гідравлічні дроселі
5. Регулятори витрати
6. Фільтри

Рекомендована література:

Основна література

1. Федорець В.О., Педченко М.Н., Федорець О.О. Технічна гідромеханіка. Гідравліка та гідропневмопривод. Підручник. Житомир.: ЖІТІ, 1998. – 412 с.
2. Кулінченко, В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривід: підручник / В. Р. Кулінченко. — Київ: ІНКІОС, Центр навчальної літератури, 2006. - 616 с.
3. Рогалевич Ю.П. Гідравліка / Ю.П. Рогалевич. — К. : Вища шк., 1993. — 255 с.
4. Холоменюк М.В. Насосні та вентиляторні установки. — Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2005. — 330 с.
4. Навроцький Б. І. Механіка рідин : [підруч. для техн. вузів]/ Б.І. Навроцький, Є. Сухін. — К. : ДІА, 2003. — 416 с.
5. Гідравліка та гідропривод: збірник задач і вправ : навч. посіб./ Л. В. Возняк, Р. Ф. Гімер, П. Р. Гімер [та ін.]. - Івано-Франківськ: Факел, 2018. - 283 с.

Допоміжна література

6. Расчет, проектирование и эксплуатация объемного гидропривода : учеб. пособие для студ. вузов / З.Л. Финкельштейн, О.М. Яхно, В.Г. Чебан и [др.]. — К.: КПИ, 2006. — 216 с.
7. Мандрус В.І., Лендій Н.П. Машинобудівна гідравліка. Задачі та приклади. Навчальний посібник. Львів:, Світ, 1995.-264с.
8. Промисловий гідропривод : Практичний poradник / З.Л. Фінкельштейн, О.М. Яхно, І.С. Корошупов, К.С. Коваленко ; м-во освіти і науки, молоді та спорту України. ДонДТУ.НТУУ "КПІ". — Алчевськ : ДонДТУ ; К. : НТУУ "КПІ", 2012. — 176 с.
9. Башта Т.М. Надежность гидравлических систем ВС. Учебник. М.: Транспорт, 1986.-279с.
- Артемьева Т.В., Лысенко Т.М. Гидравлика, гидромашины и гидропневмопривод. Учебник. М.: Изд. Центр "Академия", 2006.-336 с.
11. Справочник по гидравлике / В. А. Большаков, Ю. М. Константинов, В. Н. Попов и др. — 2-е изд. — К.: Вища шк. Головное изд-во, 2004.
12. Мандрус В.І. Гідравлічні та аеродинамічні машини. Підручник. Львів:, "Магнолія -2006", 2007.-340 с.

13. Сидоренко В.П., Яхно О.М. Гідравліка і гідроприводи. Навчальний посібник. К.: Університет "Україна", 2007.-164 с.
14. Схиртладзе А.Г. Гидравлические и пневматические системы. Учебник. М.: Высш. шк., 2006.-534 с.
15. Свешников, А.Г. Станочные гидроприводы / А.Г. Свешников. – М.: Машиностроение, 2004. – 512 с.
16. Металлорежущие станки : учеб. пособие для вузов. – М.: Машиностроение, 1990. – 500 с.
17. Д.Ю. Воронов, В.В. Волосков, А.О. Драчев, О.В. Бойченко. Гидроцилиндры: учеб.-метод. пособие / Д.Ю. Воронов [и др.]. – Тольятти : ТГУ, 2011. – 72 с.
18. Левицький Б. Ф. Гідравліка. Загальний курс / Б. Ф. Левицький. Н. П. Лещій. — Львів: Світ, 1994. — 264 с.
19. Гідравліка, гідро- та пневмопривод. Навчально-методичний посібник для студентів інженерних спеціальностей ЗДІА/ Укл. В.К. Тарасов, О.В. Новокщона. Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 20 - 132 с.

Текст лекції

1. Загальні відомості про гідропривод

Гідропривід — це сукупність гідропрстроїв (гідромашин, гідроапаратів, кондиціонерів, гідропосудин і гідропроводів), призначених для передачі механічної енергії від привідного двигуна (електродвигуна, дизеля, турбіни тощо) до виконуючого органа машини (заслінки, руля, розкидального диска, ведучих коліс та ін.) за допомогою робочої рідини.

За принципом дії гідроприводи поділяють на об'ємні та динамічні.

Гідропривід, що містить у собі об'ємні гідромашини, називається об'ємним.

Принцип дії об'ємного гідроприводу базується на практичній нестисливості рідини і передачі тиску за законом Паскаля.

Найпростіший гідропривід – домкрат, прес.

Інший приклад об'ємного приводу, який демонструє сам принцип дії показано на рис. 1.

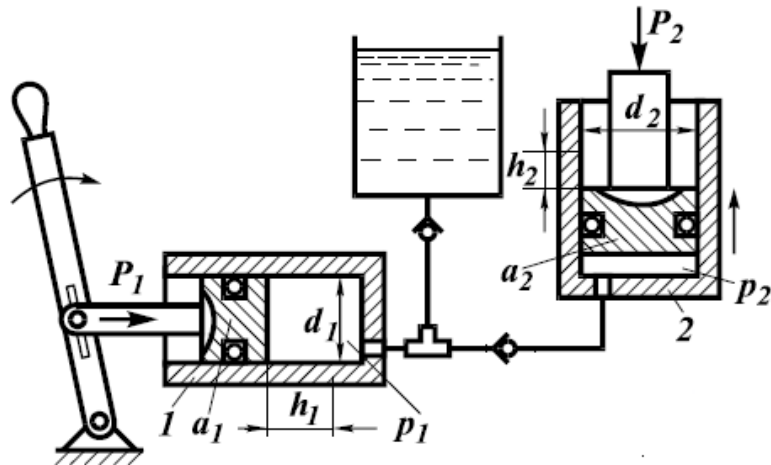
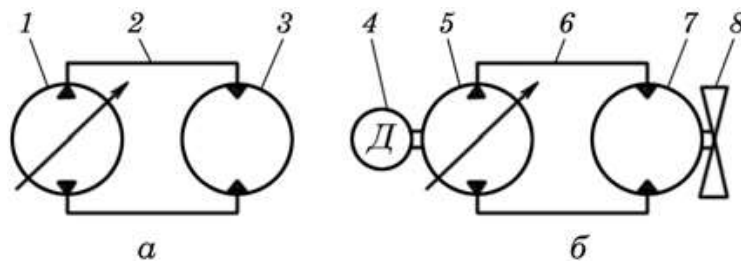


Рисунок 1 – Принцип дії об'ємного приводу

Привод складається з двох циліндрів 1 і 2, бак для рідини і два зворотних клапани.

Об'ємна гідропередача — це частина насосного гідроприводу, призначена для передачі руху від привідного двигуна до виконуючого органа машини, рис. 2.



1, 5 — реверсивний регульований насос; 2 і 6 — гідропроводи; 3, 7 — реверсивний гідромотор; 4 — дизель; 8 — гвинт

Рисунок 2 – Принципова схема об'ємної гідропередачі (а) і об'ємного гідроприводу гвинта плаваючої косарки (б)

Основою **гідродинамічного** приводу є **гідродинамічна передача** (гідромуфта, гідротрансформатор). Вона має лопатевий (відцентровий) насос і гідродвигун (турбіну). Вал робочого колеса насоса з'єднано з валом привідного двигуна (наприклад, дизеля), а вал турбіни — з виконуючим органом (наприклад, ведучими колесами трактора). Енергія від насоса до турбіни передається гідродинамічною взаємодією робочої рідини і робочих коліс цих гідромашин. Таким чином, в цих передачах в основному використовується кінетична енергія рідини (швидкісний напір), тоді як в об'ємних гідропередачах в основному використовується енергія тиску. Будову типового гідротрансформатора показано на рис. 2 і 3.

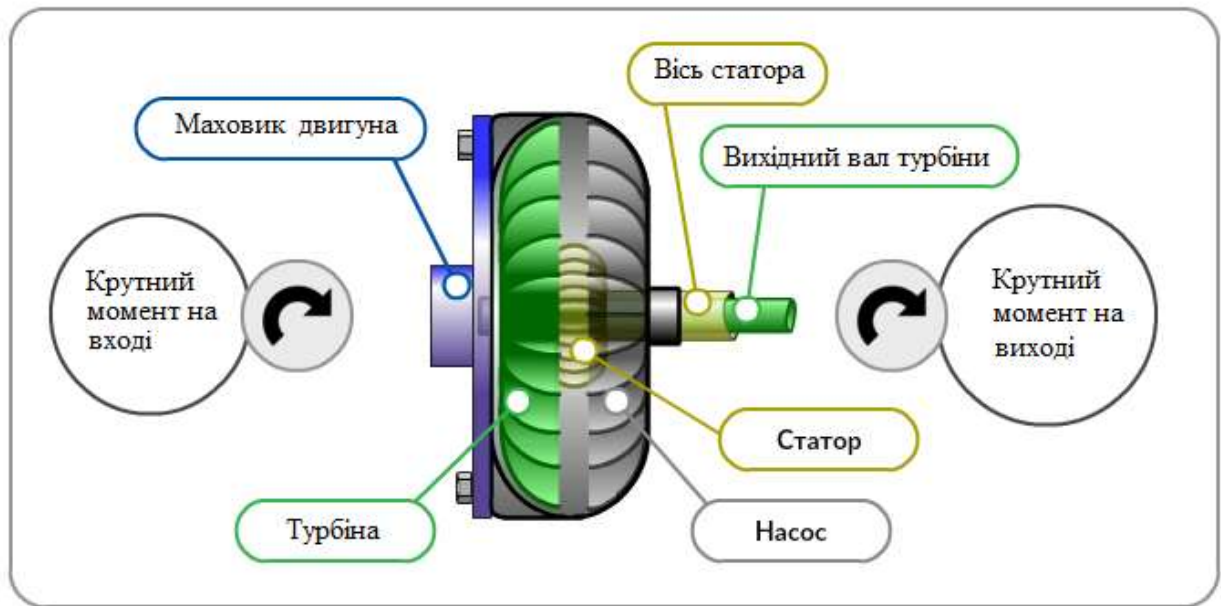


Рисунок 2 – Деталі гідротрансформатора



Рисунок 3 – Зовнішній вигляд деталей

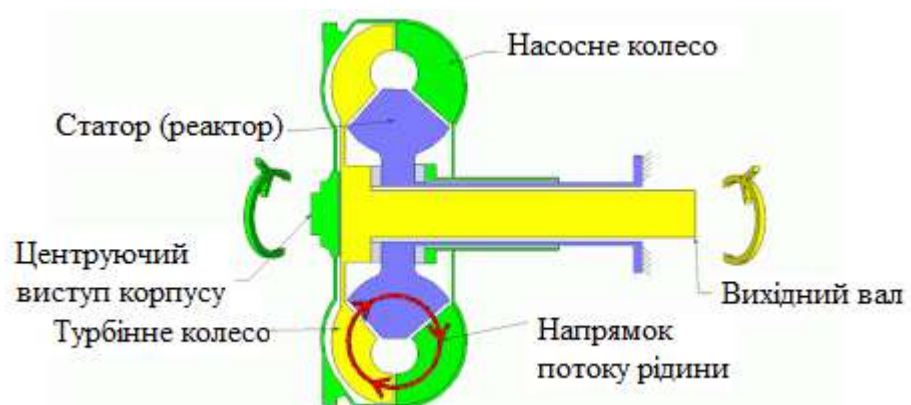
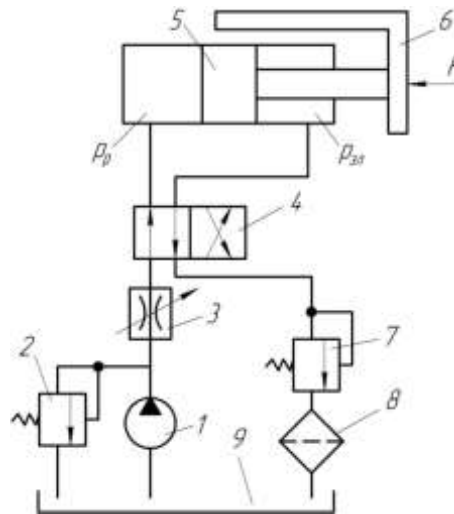


Рисунок 4 – Напрямок руху рідини у гідротрансформаторі

Принципова схема гідроприводу зворотно-поступального руху показана на рис. 5.



1 – насос; 2 – клапан напірний; 3 – дросель; 4 – розподільник; 5 – гідроциліндр; 6 – стіл робочої машини; 7 – клапан підпірний; 8 – фільтр; 9 – бак

Рисунок 5 – Принципова схема гідроприводу

Насос забирає рідину з бака 9 і через дросель 3 та розподільник 4 подає її в робочу порожнину гідроциліндра 5. Під дією тиску p_p поршень переміщується праворуч і долає навантаження F , рухаючи стіл робочої машини 6.

З гідроциліндра рідина зливається через інший канал розподільника 4, підпірний клапан 7 і фільтр 8 у бак 9.

Зміна напрямку руху поршня гідроциліндра 5 виконується зміною позиції розподільника 4. Дросель 3 – регульований і дозволяє змінювати площу прохідного перерізу, тим самим змінюючи витрату рідини, що надходить у гідроциліндр Q_u . При цьому змінюється швидкість V_{Π} переміщення поршня гідроциліндра і відповідно стола робочої машини: ($V_n = Q_u / S_o$). Клапан підпірний 7 забезпечує плавність ходу поршня гідроциліндра.

Висновок. Для роботи гідроприводу як системи необхідна наявність цілого переліку вузлів (елементів), які виконують певні функції і які мають відповідні позначення.

Основними елементами об'ємного гідропривода є:

1 *Гідромашини* – насоси і гідродвигуни. *Насоси* призначені для подачі (переміщення) рідини, *гідродвигуни* – для перетворення енергії рідини, що подається, в механічну енергію робочого органу.

2 *Гідроапаратура* – це пристрої управління гідроприводом, за допомогою яких він регулюється, а також засоби захисту від дуже великих тисків рідини (дроселі, клапани різного призначення та гідророзподільники).

3 *Допоміжні пристрої*: фільтри, теплообмінники (нагрівачі і охолоджувачі рідини), гідробаки і гідроаккумулятори.

4 *Гідролінії* (трубопроводи): всмоктувальні, напірні, зливні, дренажні.

5 *Контрольно-вимірювальні прилади*: манометри, витратоміри, термометри тощо.

Кожний об'ємний гідропривод містить джерело енергії. За видом джерела енергії гідроприводи розділяють на три типи:

а) *насосний гідропривод* – гідропривод, в якому робоча рідина подається в гідродвигун об'ємним насосом, що входить до складу цього гідропривода;

б) *аккумуляторний гідропривод* – робоча рідина подається в гідродвигун від попередньо зарядженого аккумулятора;

в) *магістральний гідропривод* – в якому робоча рідина надходить у гідродвигун з гідромагістралі.

За характером руху вихідної ланки розрізняють об'ємні гідроприводи:

а) *поступального руху* – з поступальним рухом вихідної ланки гідродвигуна;

б) *поворотного руху* – з поворотним рухом вихідної ланки гідродвигуна на кут менший 360° ;

в) *обертального руху* – з обертальним рухом вихідної ланки гідродвигуна.

Гідропривод, в якому швидкість вихідної ланки гідродвигуна може змінюватися за заданим законом, називається *регульованим*. У разі відсутності пристроїв для змінення швидкості – *нерегульованим*.

Гідроапаратом називають пристрій, призначений для зміни параметрів потоку робочої рідини (тиску, витрати, напрямку руху) або для підтримання їх заданого значення.

Основним елементом усіх гідроапаратів є *запірно-регульовальний орган* – рухомий елемент, при переміщенні якого частково або повністю перекривається прохідний переріз гідроапарата. Залежно від конструкції запірно-регульовальні елементи бувають золотникові, клапанні, кранові.

Якщо гідроапарат змінює параметри потоку робочої рідини, то він є *регульовальним*.

Гідроапарати можна розділити на три основні типи:

а) гідророзподільники;

б) гідроклапани;

в) гідродроселі.

2. Гідророзподільники

Гідророзподільник – це гідроапарат, призначений для зміни напрямку потоку робочої рідини в двох або більше гідролініях. Залежно від числа зовнішніх гідроліній, які підводяться до розподільника, гідророзподільники бувають дволінійні, трилінійні і т. п.; залежно від числа позицій запірно-регульовального органа – двопозиційні, трипозиційні і т. д. Умовне позначення 4-лінійного 3-позиційного розподільника з електричним керуванням наведено на рис. 6.

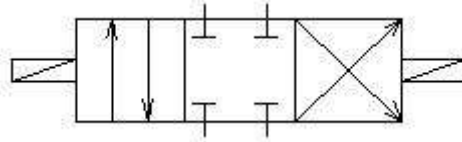


Рисунок 6 – Умовне позначення гідророзподільника

Найбільш поширеним є золотниковий розподільник.

Втрати тиску Δp_p в гідророзподільнику визначають за формулою

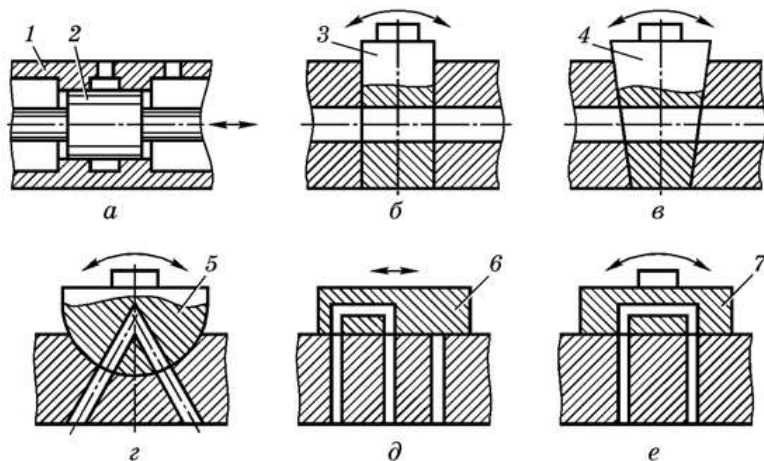
$$\Delta p_p = p_{ном} \left(\frac{Q_{\phi}}{Q_{ном}} \right)^2,$$

де $Q_{ном}$ і $p_{ном}$ – номінальна подача і втрати напору на номінальній подачі (паспортні дані);

Q_{ϕ} - фактична подача рідини в гідроапараті.

Золотникові розподільники за конструкцією золотника поділяють на розподільники з циліндричним (рис. 7, а) і плоским золотниками (рис. 7, д і е).

У кранових розподільниках запірно-регулювальний елемент виконують у вигляді циліндричної, конічної або сферичної пробки (див. рис. 7, б, в і г), а у клапанних — у вигляді кульки чи конуса.



1 — корпус; 2, 6 і 7 — золотники; 3, 4 і 5 — пробки

Рисунок 7 – Схеми розподільників: а — з циліндричним золотником; б, в і г — кранові; д і е — з плоским золотником

Найбільш поширеними є золотникові розподільники рис. 8.

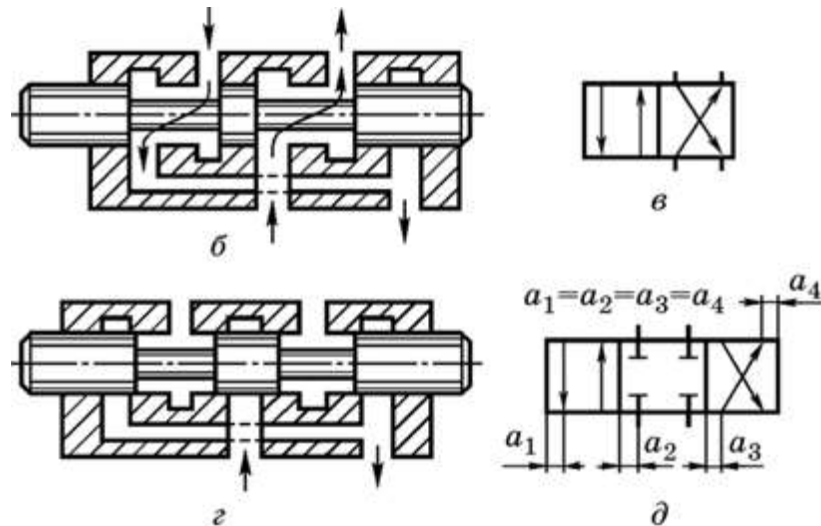
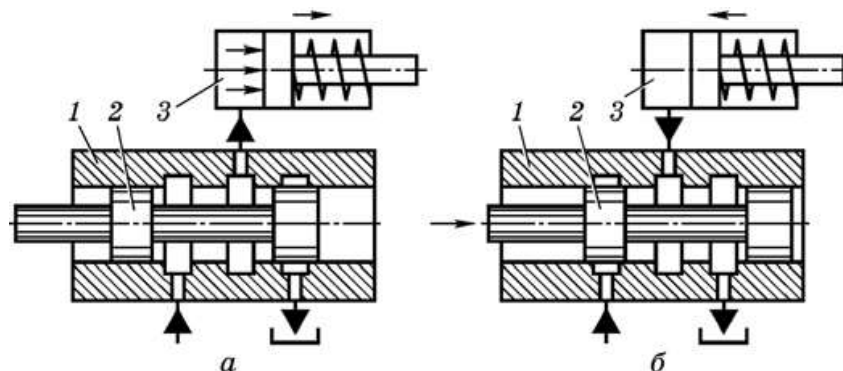


Рисунок 8 - Конструктивне (б і з) та умовне (в і д) позначення розподільника з циліндричним золотником

Кількість позицій зображують відповідною кількістю однакових квадратів; проходи — прямими лініями зі стрілками, що вказують напрямок потоку рідини; закритий хід — тупиковою лінією з поперечним відрізком. Зовнішні лінії підведення і відведення рідини показують на вихідній позиції.

Найпростіший варіант використання розподільника з циліндричним золотником, рис. 9.



1 — корпус; 2 — золотник; 3 — гідродвигун (у чисельнику — кількість зовнішніх гідроліній підведення і відведення, в знаменнику — кількість позицій)

а — пуск робочої рідини в гідродвигун; б — злив

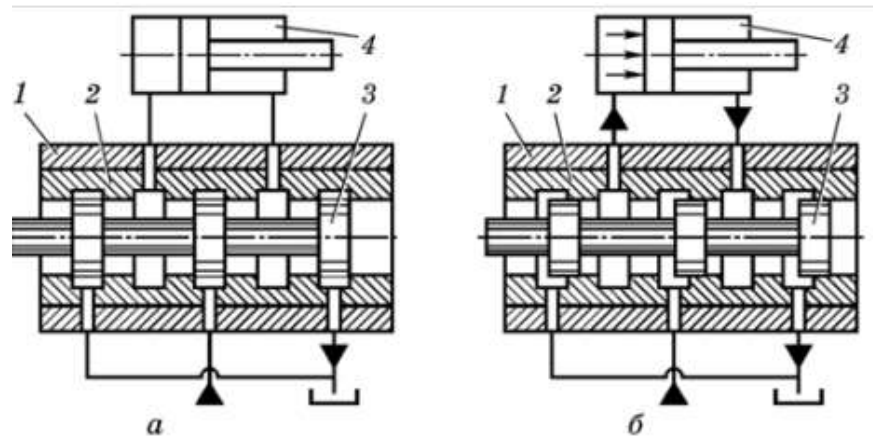
Рисунок 9 – Схема спрямівного розподільника 3/2 з циліндричним золотником;

У спрямівному розподільнику запірно-регулювальний елемент займає завжди крайні робочі положення (рис. 9). Характер зовнішньої керованої дії дискретний («Відкрито» або «Закрито»), при цьому параметри потоку рідин (тиск і витрата) не змінюються.

Спрямівні розподільники в основному застосовують у гідроприводах для зміни положень виконуючих органів, просто підняти чи опустити.

На практиці частіше використовують принцип дроселювання для керування швидкістю і силою гідромашини. Тому золотник має назву дроселюючий золотник.

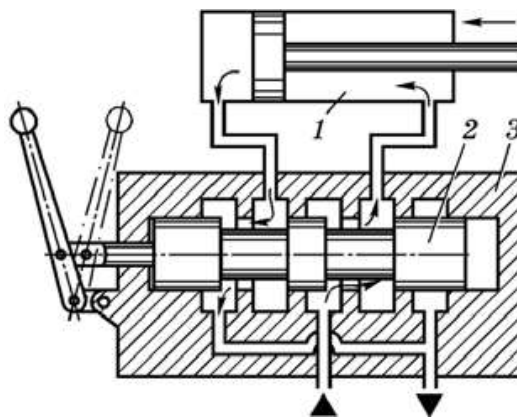
У дроселювальному розподільнику (рис. 10) запірно-регулювальний елемент може займати безліч проміжних положень, утворюючи дроселювальні щілини. Характеристика сигналів керування — неперервна (аналогова), тобто чим більший зовнішній керуючий сигнал, тим більше робоче вікно (щілина), а відповідно і більша витрата рідини. У дроселювальному розподільнику витрата і тиск робочої рідини змінні.



а — вихідна позиція; *б* — робоча позиція; 1 — корпус; 2 — втулка; 3 — золотник; 4 — гідродвигун

Рисунок 10 – Схема дроселювального розподільника 4/3 з циліндричним золотником

Типову схему використання золотникового розподільника з дроселюванням показано на рис. 11.

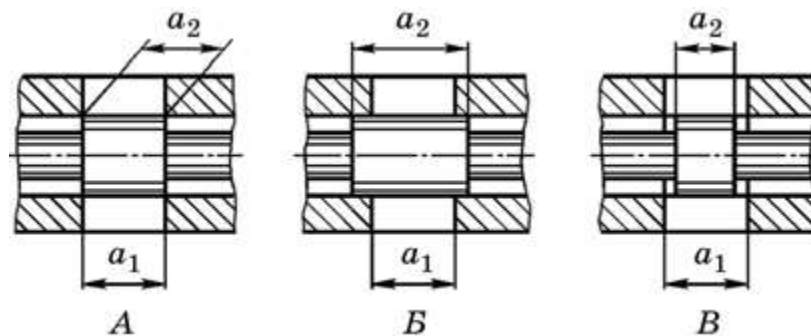


1 — гідроциліндр; 2 — золотник; 3 — корпус

Рисунок 11 – Схема роботи розподільника з циліндричним золотником

Залежно від схеми розвантаження насосів при нейтральному положенні золотника (споживачі не працюють) золотникові розподільники поділяють на два типи: з *відкритим центром (проточні)*, коли напірна лінія сполучається із зливом всередині розподільника, та із *закритим центром*, коли насос розвантажується через переливний клапан (переливну секцію). Конструктивно за спосіб розвантаження відповідає такий показник як *перекриття робочих вікон*.

Перекривання робочих вікон у золотникових розподільниках може бути нульовим ($a_1 = a_2$), позитивним ($a_2 > a_1$) і негативним ($a_2 < a_1$) відповідно (рис. 12, А, Б, В).



А — нульове; Б — позитивне; В — негативне

Рисунок 12 – Схеми перекривання робочих вікон в золотникових розподільниках

Розподільники з позитивним перекриванням мають незначний витік робочої рідини, але мають великі зони нечутливості, а з негативним — навпаки.

Витрату рідини визначають за залежністю

$$Q = \mu S \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)},$$

де μ — коефіцієнт витрати, $\mu = 0,60 \dots 0,75$; ρ — густина рідини; P_1 — тиск на вході у розподільник; P_2 — тиск на виході із розподільника; S — площа перекритого прохідного перерізу.

Відповідно для розрахунків використовується характеристика золотникового розподільника у вигляді залежності витрати рідини від величини переміщення золотника (мм) рис. 13.

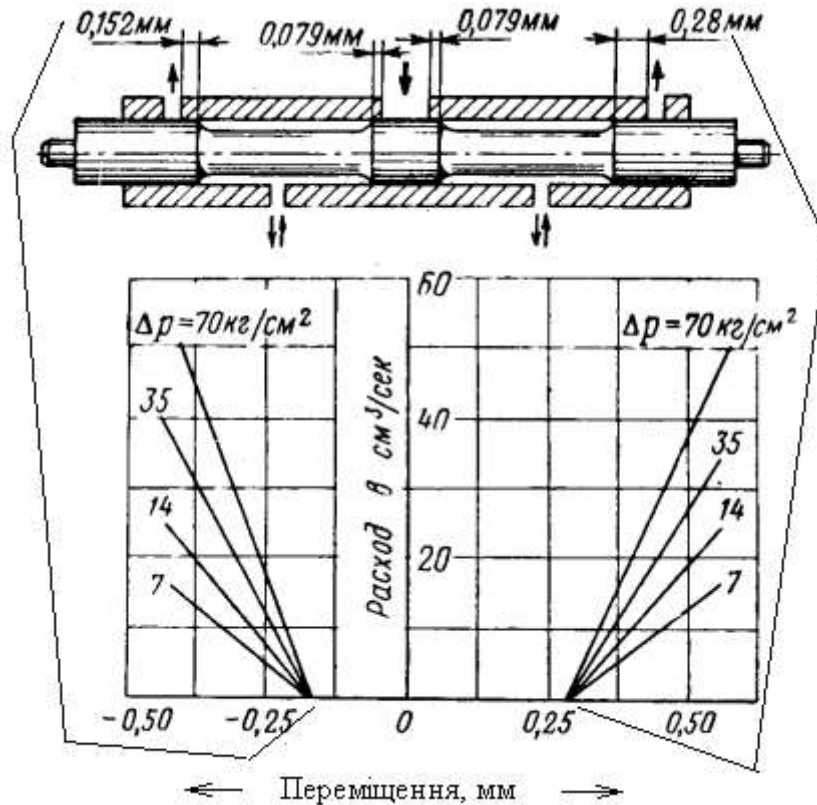
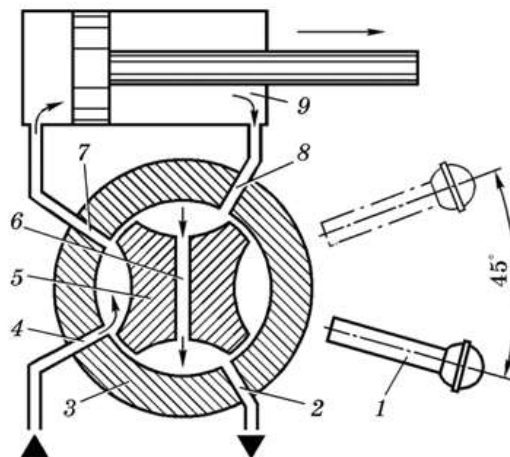


Рисунок 13 – Типова характеристика золотникового розподільника

Кранові розподільники застосовують при невеликих витратах і тисках робочої рідини. Це пояснюється ускладненням підтримки витрати рідини в заданих межах, а також збільшенням зусиль для їх вмикання в роботу.

Крановий розподільник має корпус 3 (рис. 14), у циліндричний отвір якого вільно вставлено пробку 5. У пробці є радіальний канал 6, а у корпусі отвори 2 і 4 для підведення робочої рідини від насоса і зливу в бак та отвори 7 і 8 для під'єднання до гідродвигуна.

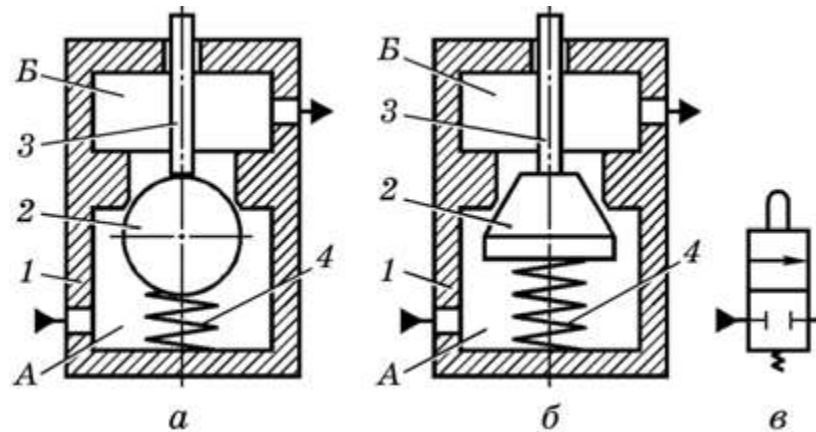


1 — рукоятка; 2, 4, 7 і 8 — отвори; 3 — корпус; 5 — пробка; 6 — радіальний канал; 9 — гідроциліндр

Рисунок 14 – Схема роботи кранового розподільника

Клапанні розподільники порівняно із золотниковими і крановими мають вищу герметичність завдяки наявності в них запірно-регулювального елемента у вигляді сідло-клапан.

За конструкцією запірно-регулювального елемента клапанні розподільники бувають кулькові та конічні, а за переміщенням цього елемента — з ручним, механічним, електромагнітним та гідравлічним керуванням. Клапанний розподільник складається із корпусу 1 (рис. 15), кулькового чи конічного елемента 2, штовхача 3 і пружини 4. Корпус має дві порожнини: напірну A і робочу B , яку під'єднано до споживача.



a — кулькового; $б$ — конічного; $в$ — умовне позначення на схемах; 1 — корпус; 2 — запірно-регулювальний елемент; 3 — штовхач; 4 — пружина; A — напірна порожнина; B — робоча порожнина

Рисунок 15 – Схеми клапанних розподільників

3. Гідроклапани

Клапан — це гідроапарат, у якому розміри прохідного перерізу змінюються під дією потоку робочої рідини, що проходить через гідроапарат.

Клапан будь-якого типу складається із корпусу і запірного чи запірно-регулювального елемента.

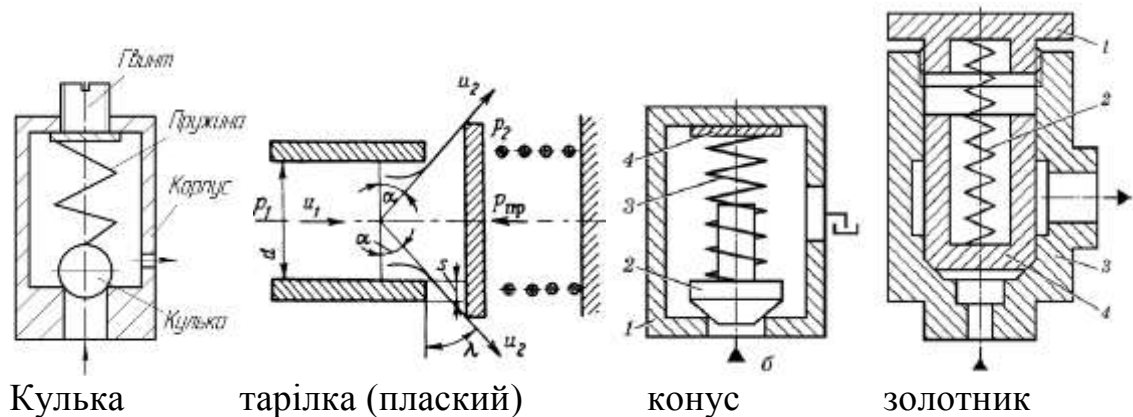


Рисунок 16 - Варіанти будови клапанів

У якості запірно-регулювального елемента може бути кулька, тарілка чи конус.

Гідроклапани бувають *регулювальні* і *напрямні*. До регулювальних належать клапани тиску, призначені для регулювання тиску в потоці робочої рідини. З них найбільш широко застосовують *напірні* і *редукційні* клапани.

Напірні гідроклапани :

запобіжні – захищають систему від тиску, що перевищує допустимий;

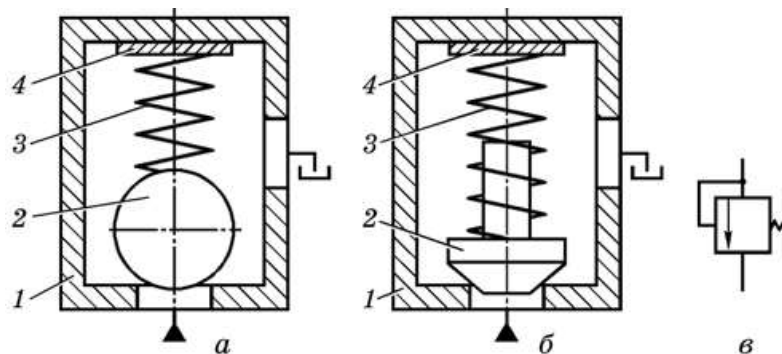
переливні – призначені для підтримування заданого рівня тиску шляхом безперервного зливу робочої рідини під час роботи.

Редукційні клапани призначені для підтримування у потоці, що відводиться, стабільного тиску p_2 , більш низького, ніж тиск p_1 у потоці, що підводиться.

Напрямні (зворотні) клапани пропускають рідину лише в одному заданому напрямку.

Запобіжний клапан.

При зміні тиску в гідроагрегаті порушується баланс сил, що діють на запірно-регулюючий елемент запобіжного клапана. Останній переміщується, утворюючи дроселюючу щілину, зливаючи надлишок робочої рідини в бак та запобігаючи таким чином перевищенню тиску в гідроагрегаті заданому, який настрюється попереднім підтиском пружини.



a — кулькового; *б* — конусного; *в* — умовне позначення на принципових схемах; 1 — корпус; 2 — кулька або конус; 3 — пружина; 4 — регулювальна шайба

Рисунок 18 – Будова запобіжних клапанів

Слід мати на увазі, що тиск рідини, при якому клапан «відкривається», більший ніж тиск, при якому клапан «закривається»

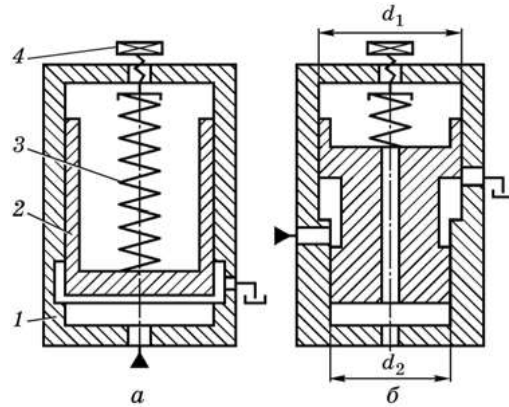
Схеми запобіжних клапанів прямої дії

Для запобіжних клапанів прямої дії характерні такі недоліки. При роботі клапанів тиск рідини залежить від її витрати. Так, при регулюванні їх на тиск відкривання 5 МПа і при витраті рідини 45 л/хв тиск рідини в момент спрацювання підвищується до 7 МПа і більше, а це призводить до надмірного нагрівання робочої рідини і в цілому знижується якість роботи гідроприводу.

Переливні клапани

Переливні клапани призначені для підтримання заданого тиску безперервним зливанням робочої рідини під час роботи гідроприводу.

Істотна відмінність їх від запобіжних в тому, що вони спрацьовують при невеликих перепадах тиску (тиск наладки «спрацювання» становить 0,5 – 1,5 МПа і менше).



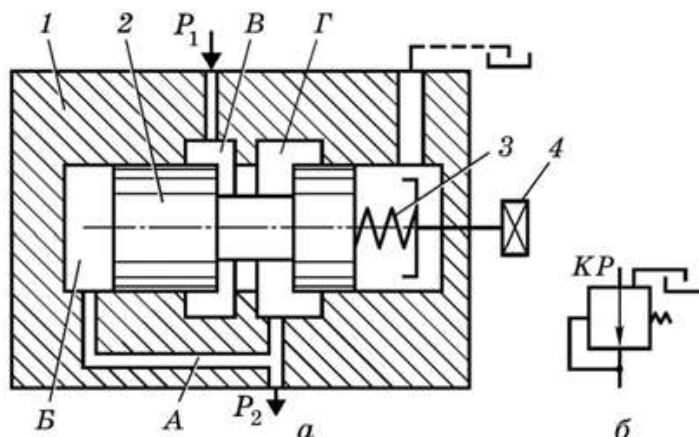
a — золотниковий; *б* — золотниковий диференціальний; *1* — корпус; *2* — золотник; *3* — пружина; *4* — регулювальний гвинт

Рисунок 19 - Переливні клапани прямої дії

Переливні клапани, встановлені в зливних лініях гідроприводу, називають ще **підпірними**. У цьому разі вони забезпечують злив рідини під певним тиском, що необхідно для спрямування потоку в охолоджувачі чи забезпечення постійного натягу пасів у гідрофікованих варіаторах тощо.

Редукційні клапани

Редукційні клапани підтримують у відведеному від них потоці рідини більш низький тиск, ніж у підведеному. Редукційні клапани застосовують у гідроприводах, в яких від одного джерела (насоса) живляться декілька споживачів, що працюють при різних тисках.

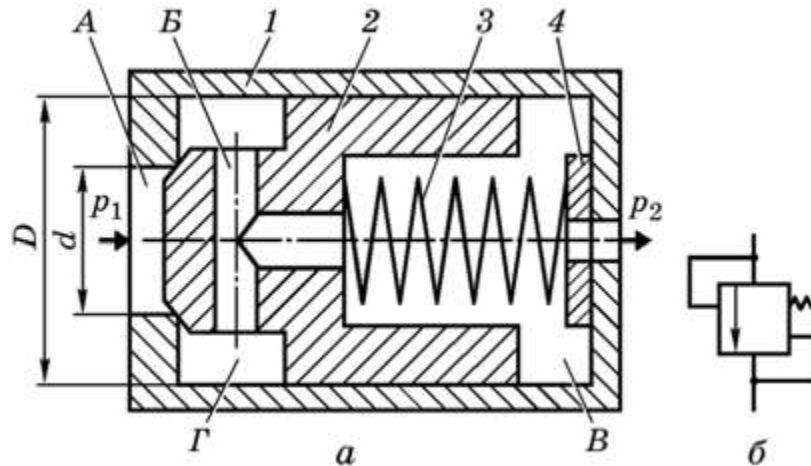


a — будова; *б* — умовне позначення на принципових схемах; *1* — корпус; *2* — золотник; *3* — пружина; *4* — регулювальний гвинт; *A* — канал; *Б* і *Г* — порожнини; *В* — робочий прохідний переріз

Рисунок 20 – Редукційний клапан прямої дії

Диференціальний клапан (різниці тисків)

Клапани *різниці тисків* призначені для підтримання заданої різниці тисків у підвідному і відвідному потоках або в одному з цих потоків. Їх застосовують у гідроприводах з об'ємним регулюванням як підживлювальні клапани.



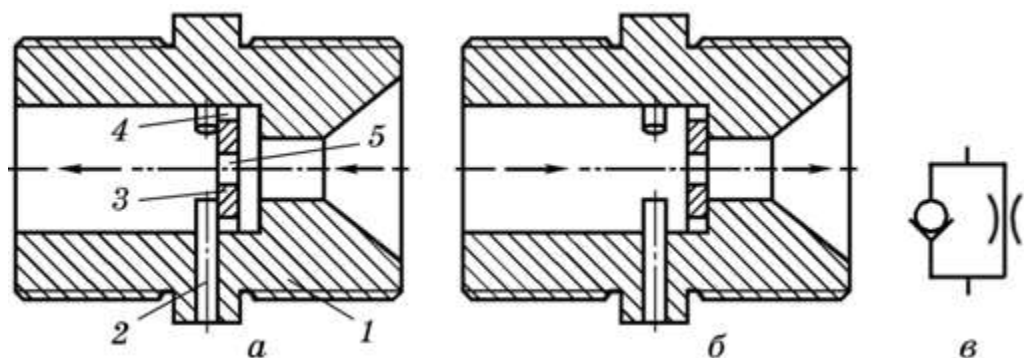
a — будова; *б* — умовне позначення на принципових схемах; 1 — корпус; 2 — золотник; 3 — пружина; 4 — регулювальна шайба; *A* і *B* — отвори; *B* і *Γ* — порожнини

Рисунок 21 - Клапан різниці тисків

Сповільнювальні клапани

Сповільнювальні клапани призначені для плавного опускання машини чи робочого органа із транспортного положення в робоче, щоб уникнути удару на ґрунт тощо.

Клапан складається із корпусу 1 (рис. 22), трьох штифтів 2 і хрестоподібної шайби 3 з каліброваним отвором 5. Корпус клапана, як правило, загвинчено в отвір передньої кришки гідроциліндра. У деяких гідроприводах він монтується безпосередньо на трубопроводі.



a і *б* — положення шайби відповідно при підніманні та опусканні машини; *в* — умовне позначення клапана на принципових схемах; 1 — корпус; 2 — штифт; 3 — шайба; 4 — виріз; 5 — калібрований отвір

Рисунок 22 – Сповільнювальний клапан

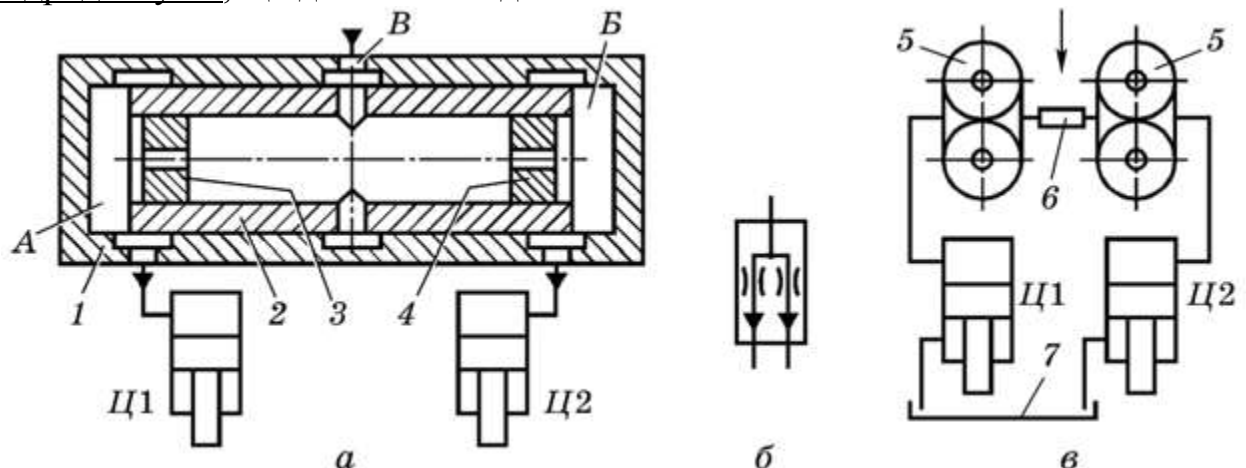
Принцип дії. При підніманні машини робоча рідина під тиском переміщує хрестоподібну шайбу 3 до упору в штифти 2 і надходить через калібрований отвір 5 і вирізи 4 (розміщені по периферії шайби) в порожнину гідроциліндра без особливого опору. Коли ж машину опускають, шайба 3 (див. рис. 6.42, б) притискується рідиною до торця циліндричної розточки в корпусі. Вирізи в шайбі перекриваються і прохід для рідини обмежується каліброваним отвором 5.

Калібровані отвори шайби можуть мати отвори діаметром 2, 3, 4 і 5 мм.

Клапани співвідношення витрат рідини

Клапани співвідношення витрат рідини ще називають синхронізаторами витрат. Залежно від місця встановлення в гідролініях їх називають подільники і суматори (роздільники і поєднувачі) потоків.

Роздільники (подільники) потоків призначенні для розділення одного потоку робочої рідини на два чи більше потоків. Їх застосовують у гідроприводах машин, де потрібен синхронний рух паралельно працюючих гідродвигунів, що долають неоднакове навантаження.



а, в — конструктивні схеми відповідно **дросельного** і **об'ємного типів**; *б* — умовне позначення на принципових схемах; 1 — корпус; 2 — золотник; 3 і 4 — дроселі; 5 — *гідромотори*; 6 — трійник; 7 — бак; А і Б — камери; В — напірна порожнина; Ц1 і Ц2 — гідроциліндри

Рисунок 23 – Роздільники потоку

Роздільник потоку має таку будову. У центральній розточці корпусу 1 (рис. 6.43, а) розміщено плаваючий циліндричний золотник 2. В осьовому каналі золотника встановлено однакові дроселі 3 і 4. Корпус має напірну порожнину В і дві торцеві камери А та Б.

Принцип дії. Робоча рідина під тиском надходить у порожнину В, а потім, розділившись на два потоки, через дроселі 3 і 4 в камери А і Б та робочі прохідні перерізи до циліндрів Ц1 і Ц2. При однакових тисках рідини в камерах А і Б (навантаження на штоках гідроциліндрів однакові) золотник перебуває в рівновазі. Внаслідок цього робочі прохідні перерізи в камерах А і Б однакові, а тому і витрати рідини в обох підвідних лініях до

гідроциліндрів Ц1 і Ц2 будуть однакові. Штоки поршнів цих циліндрів рухатимуться синхронно.

При збільшенні навантаження, наприклад, в циліндрі Ц2, збільшується і тиск рідини у камері Б. Рух штока поршня циліндра Ц2 сповільнюється. Золотник зміщується вліво. Внаслідок робочий прохідний переріз до гідроциліндра Ц1 зменшується, витрата рідини і швидкість руху штока поршня Ц1 також зменшуються. Оскільки робочий прохідний переріз до гідроциліндра Ц2 збільшився, збільшаться й витрати рідини та швидкість штока поршня гідроциліндра Ц2, а тиск у камері Б зменшиться. Золотник зміститься вправо, а швидкість штока поршня гідроциліндра Ц1 збільшиться (оскільки збільшиться витрата рідини).

Якщо навантаження на шток поршня гідроциліндра Ц2 збільшиться настільки, що він зупиниться, то золотник зміститься вліво і повністю перекриє подачу рідини до гідроциліндра Ц1. Отже, підтримання однакових швидкостей руху потоків гідроциліндрів забезпечується завдяки дроселюванню потоку рідини в тій лінії, де гідроциліндр (гідродвигун) навантажений менше.

Такий роздільник потоку — дросельного типу. Недоліком таких роздільників є неминучі втрати тиску у дроселях, а також те, що вони розраховані на обслуговування не більше ніж двох споживачів. Внаслідок цього вони набули застосування у гідроприводах з незначними витратами рідини.

Об'ємний роздільник потоку (див. рис. 23 в) — це два або більше гідромотори 5 (як правило шестеренні), зібраних у один блок так, що їх ведучі шестерні нерухомо закріплені на одному спільному валу, а ведені вільно обертаються на спільній осі. Робоча рідина від насоса подається до трійника 6, звідти вона надходить до гідромоторів, приводячи їх у рух.

Завдяки жорсткому кінематичному зв'язку усі шестерні обертаються з однаковою частотою, тому у кожний із гідроциліндрів Ц1 і Ц2 надходить однакова кількість рідини, незалежно від розподілу навантаження на їх штоки.

Поєднувачі потоків призначені для сполучення двох і більше потоків робочої рідини в один потік. Конструктивно поєднувачі (суматори) потоків відрізняються від роздільників лише розміщенням каналів, що сполучають дроселі з торцями золотника.

Зворотні клапани призначені для вільного пропускання потоку робочої рідини в одному напрямку і запирання у зворотному.

За конструкцією вони подібні до запобіжних чи переливних. Основна їх відмінність — наявність пружини з малим зусиллям, призначеної лише для подолання сил тертя при поверненні запірного елемента до свого сидла. Крім цього, у зворотних клапанах не передбачено пристроїв для регулювання стискування пружини. Існують зворотні клапани, в яких пружин немає.

Запірні елементи у зворотних клапанах — кулька, конус, плунжер (золотник). Застосовують клапани і з еластичним запірним елементом.

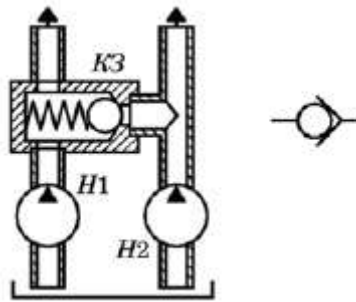
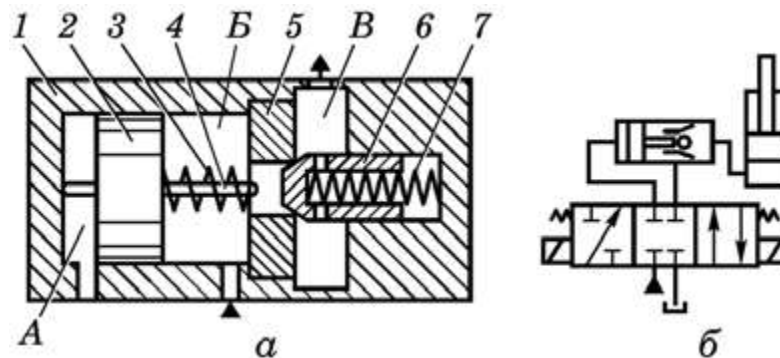


Рисунок 24 – Зворотний клапан: конструктивна схема і умовне позначення на принципових схемах

Гідрозамки призначені для пропускання потоку робочої рідини в одному напрямку і запирання в зворотному при відсутності керованої дії, а при наявності — для пропускання в обох напрямках.

Вони є спрямівними гідроапаратами. За кількістю запірних елементів гідрозамки поділяються на одно- і двобічні, за конструкцією запірних елементів — на кулькові, конічні та плунжерні (золотникові), за типом керованої дії — з гідравлічним, пневматичним, електромагнітним і механічним керуванням.

Однобічний гідрозамок зображено



а — конструктивна схема; *б* — принципова схема під'єднання гідрозамка в гідроприводах; 1 — корпус; 2 — поршень; 3 і 7 — пружини; 4 — штовхач; 5 — сидло; 6 — плунжер; А, Б і В — порожнини

Рисунок 25 – Однобічний гідрозамок

Запірний елемент гідрозамка виконано у вигляді плунжера 6 з конічним торцем. Плунжер підтиснутий пружиною 7 до сидла 5. У лівій розточці корпусу 1 розміщено плаваючий поршень 2 зі штовхачем 4. Під дією сили пружини 3 поршень знаходиться у крайньому положенні і штовхач не торкається плунжера.

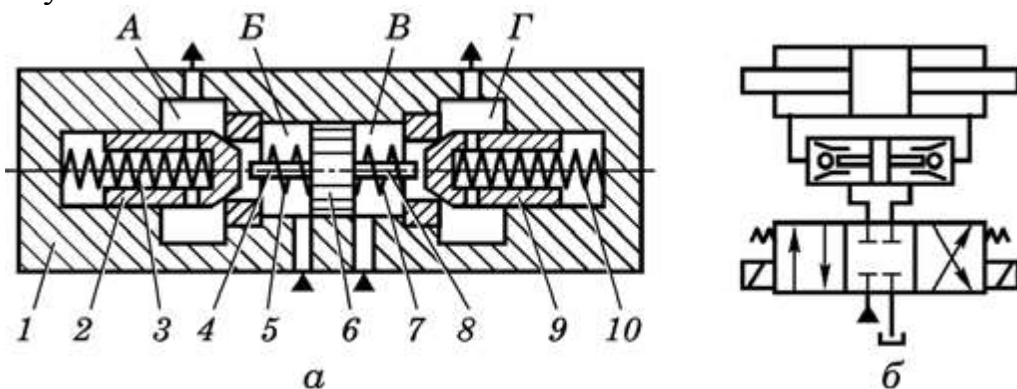
Корпус гідрозамка має порожнину А керованої дії на поршень, порожнину Б напірну (зливну) та порожнину В для сполучення з порожниною гідроциліндра (див. рис. 25, б).

Гідрозамок може працювати як в режимі зворотного клапана, так і в режимі клапанного розподільника. При відсутності керованої дії на поршень гідрозамка з боку порожнини *A* гідрозамок працює в режимі зворотного клапана. При цьому плунжер під дією пружини запирає отвір у сидлі. Порожнини *B* і *Б* гідрозамка і поршнева порожнина гідроциліндра роз'єднані, тому поршень гідроциліндра знаходиться у запертому положенні.

Якщо порожнину *Б* гідрозамка сполучити з напірною лінією насоса, плунжер під дією тиску рідини відійде від сидла і рідина надійде в порожнину *B*, а далі — в порожнину гідроциліндра. У зв'язку з цим поршень гідроциліндра піднімається.

Коли порожнину *A* сполучити з напірною лінією, а *Б* — із зливною, поршень гідрозамка зміститься вправо і штовхачем відтисне плунжер від свого сидла. Порожнини *B* і *Б* гідрозамка і поршнева порожнина гідроциліндра сполучається, а поршень гідроциліндра опуститься. В цьому разі гідрозамок працює в режимі клапанного розподільника.

Двобічний гідрозамок одночасно працює в режимі зворотного клапана і клапанного розподільника. Якщо порожнину *B* (рис. 6.48) сполучити із напірною лінією насоса, плунжер 9 під дією тиску рідини відійде від свого сидла, стискаючи пружину. Порожнини *B* і *Г* сполучаться, рідина надійде від насоса в порожнину гідроциліндра. Одночасно під дією тиск рідини (з боку порожнини *B*) поршень 6 зміститься вліво і своїм штовхачем 4 відтисне плунжер 2. Порожнини *A* і *Б* сполучаються, і рідина із другої порожнини гідроциліндра надійде на злив. Коли порожнину *Б* сполучити із напірною лінією насоса, процес повториться у зворотному напрямку.



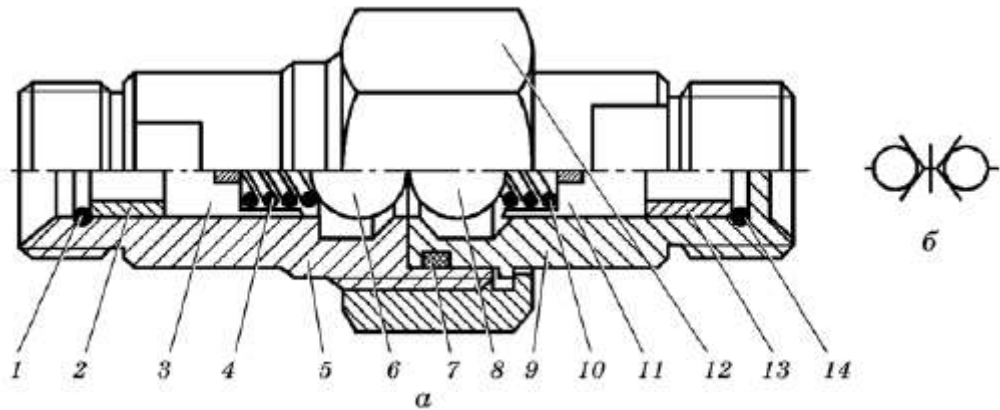
a — конструктивна схема; *б* — принципова схема під'єднання гідрозамка в гідроприводах; 1 — корпус; 2 і 9 — плунжери; 3 і 10, 5 і 7 — пружини; 4 і 8 — штовхачі; 6 — поршень; *A*, *B*, *B* і *Г* — порожнини

Рисунок 27 - Двобічний гідрозамок

При нейтральному (див. рис. 27, *б*) положенні золотника розподільника (рідина від насоса не надходить в порожнини *B* і *Б*) плунжери 2 і 9 притиснуті до своїх сидел і порожнини гідроциліндра запираються.

Швидкороз'єднімі муфти із зворотними клапанами призначені для швидкого роз'єднання (сполучення) гідроліній гідропрстроїв навісних та причіпних машин до гідросистеми трактора чи комбайна з автоматичним запиранням (сполученням) порожнин, що роз'єднуються (сполучаються), для запобігання витіканню рідини із гідроліній. Муфти поділяють на *запірні* та *розривні*.

Запірна муфта складається із двох зворотних клапанів, з'єднаних накидною гайкою 12 (рис. 28).



а — будова; *б* — умовне позначення на принципових схемах; 1 і 14 — стопорні кільця; 2 і 13 — втулки; 3 і 11 — хрестовини; 4 і 10 — пружини; 5 і 9 — корпуси; 6 і 8 — кульки; 7 — ущільнювальне кільце; 12 — накидна гайка

Рисунок 28 - Запірна муфта

Лівий зворотний клапан має корпус 5, хрестовину 3, стопорне кільце 1, пружину 4 і кульку 6, правий — таку саму будову, але відрізняється конструкцією корпусу.

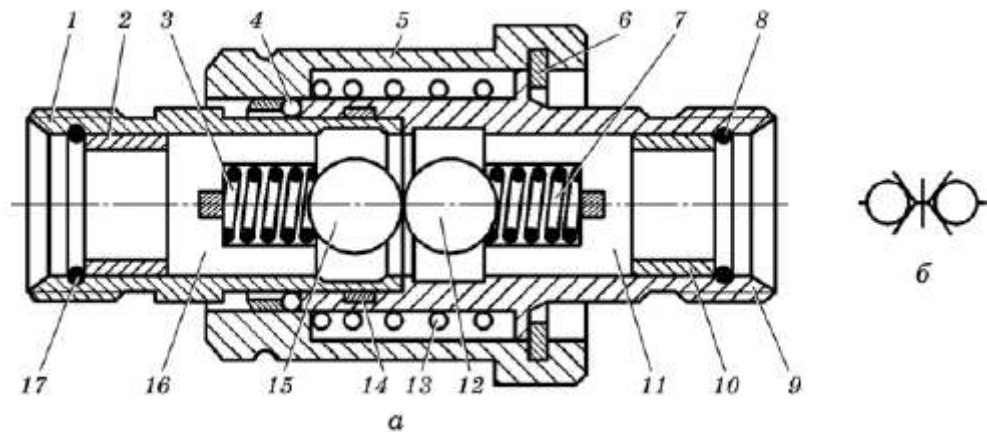
При загвинчуванні гайки 12 корпуси зворотних клапанів наближаються, кульки 6 і 8 відтискаються від своїх сідел і рідина вільно проходить через порожнини корпусів, тобто гідролінії гідропрстроїв сполучаються. Якщо гайку 12 відгвинчувати, кульки під дією пружин 4 і 10 притискаються до своїх сідел, завдяки чому перекривається прохід рідини і гідролінії роз'єднуються.

Розривна муфта має таке саме призначення. До того ж, вона забезпечує швидке з'єднання і роз'єднання гідроліній вручну, а також автоматичне роз'єднання і запирання гідроліній при виникненні в них аварійних розтягуючих зусиль.

Розривна муфта складається із двох півмуфт, з'єднаних між собою кульковим фіксатором. У корпусах півмуфт розміщені зворотні клапани, які за конструкцією подібні до клапанів запірної муфти.

В отворах (рис.) корпусу правої півмуфти 9 знаходяться кульки 4, які запірною втулкою 5 затиснуті в кільцевій канавці корпусу 1 лівої півмуфти. Пружина 13, що знаходиться між буртиками корпусу правої півмуфти і запірної втулки, запобігає виходу кульок із кільцевої канавки корпусу лівої півмуфти. Кульки 12 і 15 зворотних клапанів, упираючись одна в одну,

відведені від своїх сідел, завдяки чому рідина може вільно проходити через порожнини обох півмуфт.



а — будова; *б* — умовне позначення на принципових схемах; 1 — корпус лівої півмуфти; 2 і 10 — опорні втулки; 3, 7, і 13 — пружини; 4, 12 і 15 — кульки; 5 — запірна втулка; 6, 8 і 17 — стопорні кільця; 9 — корпус правої півмуфти; 11 і 16 — хрестовини; 14 — ущільнювальне кільце

Рисунок 29 - Розривна муфта

Працює розривна муфта так. У разі різкої дії в осьовому напрямку, наприклад вліво на корпус 1 лівої півмуфти, обидві півмуфти зміщуються вліво, стискаючи пружину 13 (запірна втулка 5 закріплена нерухомо на рамі). Півмуфта переміщується доти, поки кульки 4 фіксатора не вийдуть з-під нерухомої запірної втулки. Після цього кульки фіксатора виходять із кільцевої канавки корпусу лівої півмуфти і він від'єднується від корпусу правої півмуфти. Кульки 12 і 15 зворотних клапанів під дією пружини 3 і 7 притискається до своїх сідел і закривають вихідні отвори порожнин півмуфт. Таким чином гідролінія закривається.

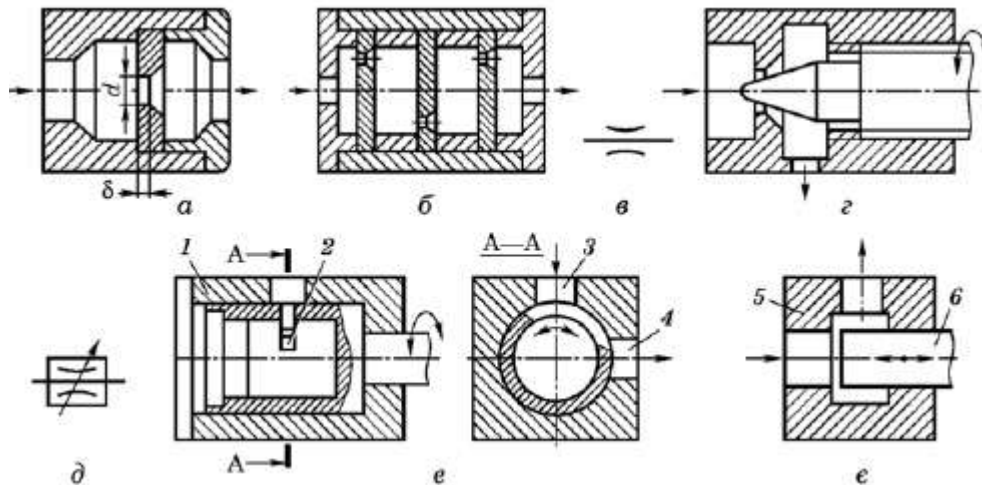
Для з'єднання півмуфт у вихідне робоче положення необхідно корпус правої півмуфти змістити вліво, стискаючи пружину 13, до виходу кульок фіксатора з під запірної втулки. Потім ввести корпус лівої півмуфти в корпус правої до потрапляння кульок фіксатора в кільцеву канавку корпусу 1, відпустити корпус правої півмуфти. Пружина 13, розтискаючись, поверне праву півмуфту у вихідне положення, і кульковий фіксатор з'єднає обидві півмуфти, а кульки зворотних клапанів відтиснуться від своїх сідел і порожнини півмуфт сполучаться.

4. Гідравлічні дроселі

Гідравлічні дроселі (далі дроселі) належать до гідроапаратів неклапанної дії. **Дроселем** називають гідропристрій для створення опору потокові робочої рідини з метою обмеження або регулювання витрати усієї рідини, чим забезпечується певна швидкість вихідної ланки гідродвигуна. Вони можуть бути постійними, регульованими і регулюючими. Перші використовують тоді, коли виникає потреба в сталому обмеженні витрати рідини в гідролінії, другі — за потреби не тільки обмеження, а й регулювання

витрати, а треті — забезпечують автоматичну зміну витрати рідини залежно від сигналу, що надходить до дроселя.

Постійні або нерегульовані дроселі — це калібровані круглі отвори, виконані в шайбах (рис. 30, *а*), в порожнистих болтах кріплення трубопроводів до розподільника тощо. Як елемент опору круглий отвір дросельної шайби, крім простоти виготовлення, має перевагу ще і в тому, що при однаковості площ поперечного перерізу він має найменший змочений периметр порівняно з іншими формами отворів і найменше піддається забрудненню та облітерації.



а — дросельна шайба; *б* — пакет дросельних шайб; *в* — умовне позначення нерегульованого дроселя; *г* — голчастий дросель; *д* — умовне позначення регульованого дроселя; *е* — крановий дросель; *є* — золотниковий дросель з гострими кромками; 1 — пробка; 2 — щілина; 3 — вхідний канал; 4 — вихідний канал; 5 — корпус; 6 — золотник

Рисунок 30 – Схеми дроселів вихрового опору

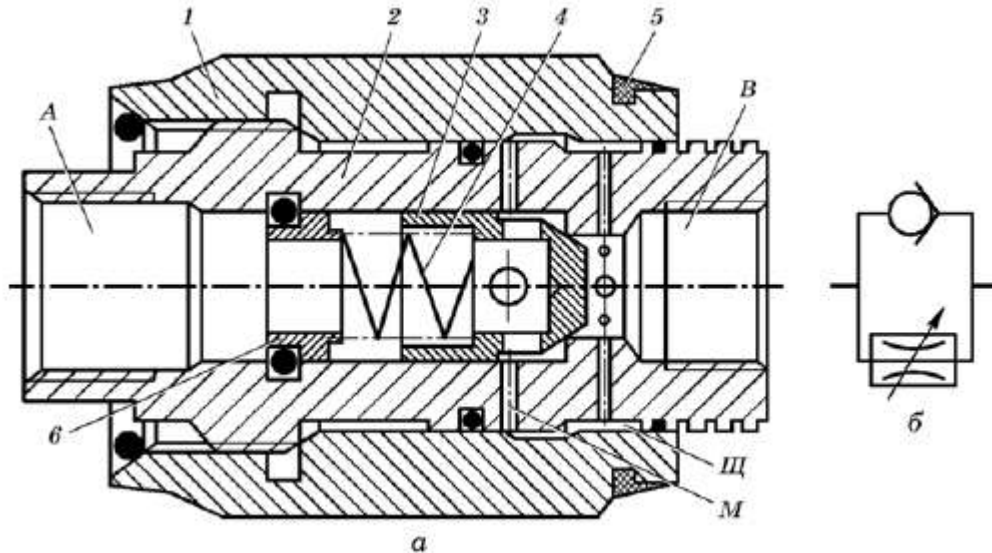
Для отримання значного опору потокові рідини використовувати одну дросельну шайбу не вигідно, оскільки виникає потреба у значному зменшенні діаметра d отвору. Останнє обмежується технологічними можливостями та облітерацією. Рекомендують приймати найменший діаметр отвору $d_{\min} = 0,3$ мм. Тому намагаються застосовувати пакет дросельних шайб (див. рис. 6.54, *б*), отвори в яких можна зробити досить великими ($d = 0,5 \dots 0,5$ мм), а ступінь дроселювання забезпечити кількістю шайб у пакеті. При збиранні пакета шайб осі отворів в них зміщують так, щоб отвори не знаходились один навпроти одного.

Регульовані дроселі забезпечують безступінчасте регулювання витрати рідини. За конструкцією запірно-регульованого елемента в гідроприводах сільськогосподарської техніки найпоширеніші голчасті, кранові та золотникові дроселі.

У голчастих дроселях (див. рис. 30, *г*) розміри дросельної щілини змінюються осевим зміщенням конічного перекривного елемента, у кранових (див. рис. 30, *е*) — поворотом пробки 1 із щілиною 2, а в

золотникових (див. рис. 30, *є*) — осьовим зміщенням циліндричного золотника 6. Останні застосовують тоді, коли потрібна підвищена точність регулювання витрати рідини.

На рис. 31 показано конструкцію кранового дроселя зі зворотним клапаном, що призначений для регулювання швидкості опускання жатної частини зернозбирального комбайна КЗС-9-1 зміною величини витрати рідини і забезпеченням вільного її проходу у зворотному напрямку (при підніманні жатної частини).



a — будова; *б* — умовне позначення; 1 — зовнішній поворотний корпус; 2 — внутрішній нерухомий корпус; 3 — запірний елемент зворотного клапана; 4 — пружина; 5 — лімб; 6 — упорна шайба; *A* і *B* — канали; *M* — отвір; *Щ* — щілина

Рисунок 31 - Крановий гідродросель із зворотним клапаном

У розточці зовнішнього поворотного корпусу 1 розміщено нерухомий корпус 2 з отвором *M*, призначеним для сполучення вхідного каналу *A* з вихідним каналом *B*.

При надходженні рідини до каналу *A* відбувається зміна її витрати. Ступінь зміни (дроселювання) витрати рідини визначається розміром дроселюючої щілини *Щ*, утвореної кромкою кільцевої канавки у зовнішньому корпусі і такої самої канавки на внутрішньому корпусі. Розмір щілини *Щ* змінюється при обертанні зовнішнього корпусу з лімбом 5, що переміщується в осьовому напрямку відносно внутрішнього корпусу.

Для забезпечення вільного проходу робочої рідини у зворотному напрямку у внутрішній корпус вмонтовано зворотний клапан. Останній складається із запірного елемента 3, пружини 4, упорної шайби 6 та сідла, виготовленого у розточці внутрішнього корпусу. Рідина, що підводиться під тиском у канал *B*, відтискує запірний елемент 3 від сідла, стискаючи пружину 4, отже, відкривається прохід рідини в канал *A* і жатна частина піднімається.

Чотири модифікації такого типу дроселів дають можливість регулювати витрату робочої рідини в межах 3 – 250 л/хв, а тиск у межах 0,5 – 35 МПа.

Постійні (нерегульовані) і регульовані дроселі називають ще *нелінійними, квадратичними, вихрового опору*.

Характерною ознакою таких дроселів є незалежність витрати рідини і перепаду тисків на дроселюючому елементі від в'язкості рідини, завдяки чому виключається і вплив температури рідини на витратні характеристики дроселів.

Перепад тисків між входом і виходом дроселюючого елемента $\Delta P_d = P - P_1$ у дроселях вихрового опору спричинює деформацію потоку рідини і вихроутворення в дроселюючій щілині.

Швидкість руху рідини в дроселі, як правило, не перевищує десятикратного значення її швидкості в каналі підведення.

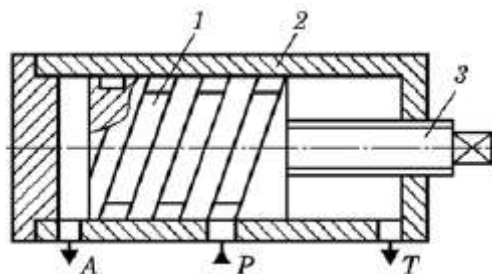
В нелінійних дроселях (квадратичних, див. рис. 6.54, а) втрата тиску прямо пропорційна квадрату витрати рідини:

$$Q = \mu S_d \sqrt{\frac{2}{\rho} \Delta P_d} = \mu S_d \sqrt{\frac{2}{\rho} (P_1 - P_2)},$$

де μ — коефіцієнт витрати (для щілинних дроселів, $\mu = 0,64 \dots 0,70$, для голчастих $\mu = 0,75 \dots 0,80$); S_d — площа прохідного перерізу (вікна) дроселя; P_1 і P_2 — тиск рідини відповідно до і після дроселя.

Лінійні дроселі або дроселі в'язкісного опору характерні тим, що витрата рідини через них залежить від перепаду тисків на вході і виході дроселюючого елемента, який визначається в'язкісним тертям при протіканні рідини.

Прикладом лінійного дроселя є *гвинтовий дросель*. Він складається із корпусу 2 (рис. 32), в якому розміщено дроселювальний гвинт 1 і регулювальний гвинт 3. Робоча рідина підводиться до каналу Р і по канавці гвинта 1, яка має прямокутну форму поперечного перерізу, надходить до каналу А. За допомогою гвинта 3 змінюють довжину гвинтової канавки, по якій проходить рідина, регулюючи її витрату.

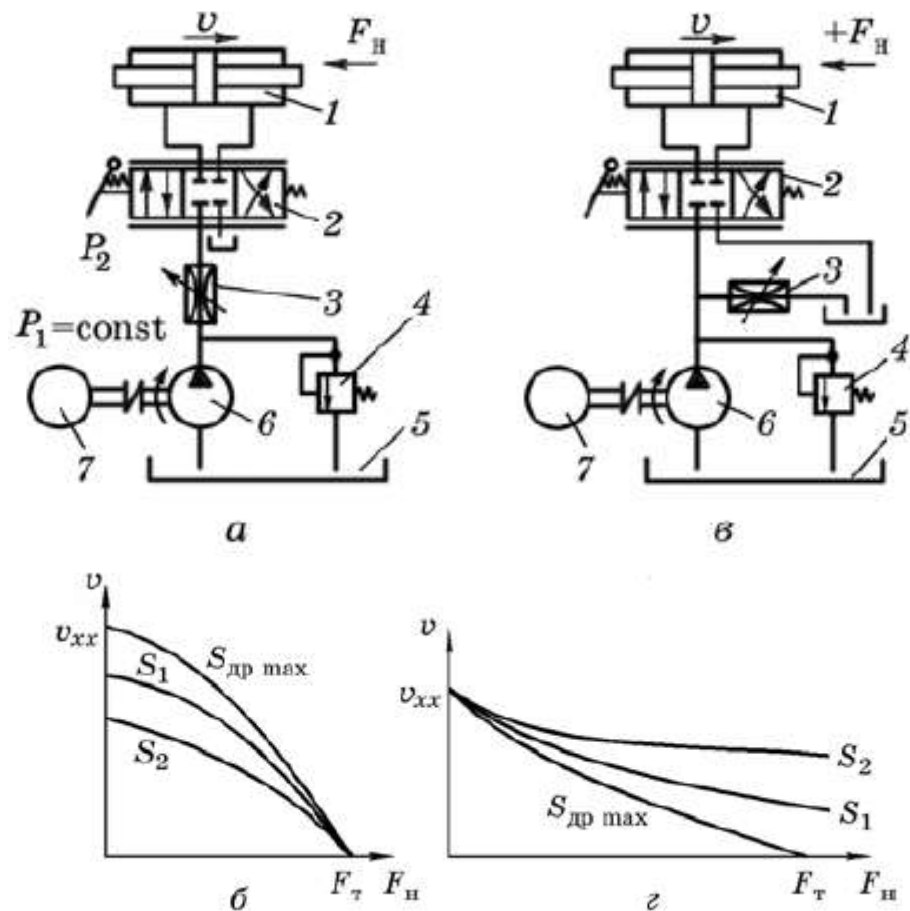


1 — дроселювальний гвинт; 2 — корпус; 3 — регулювальний гвинт; Р — канал підведення рідини; А — канал відведення рідини; Т — дренажний канал

Рисунок 32 – Схема регульованого гвинтового дроселя

Завдяки лінійній залежності перепаду тисків від довжини дроселюючого каналу гвинтові дроселі мають лінійну характеристику, що є позитивною якістю даного дроселя. Проте в реальних умовах гідроприводу машин характеристика такого дроселя нестабільна через зміну в'язкості робочої рідини при зміні температури. Такі дроселі в гідроприводах машин знаходять обмеження застосування.

Регулюючі дроселі — це, по суті, *дроселюючі розподільники*, що широко використовують у гідроприводах стеження (слідкуючий гідропривід, следящий гидропривод, *рос.*). Можливі варіанти встановлення дроселів у гідроприводах показано на рис. 33.



(а, б) та їх характеристики (б, з): б — з постійним тиском; з — зі змінним тиском; 1 — гідродвигун; 2 — розподільник; 3 — дросель; 4 — запобіжний клапан; 5 — бак; 6 — насос; 7 — привідний двигун; F_H — зовнішнє навантаження на циліндр; v — швидкість руху штока

Рисунок 33 – Принципові схеми гідроприводів з дросельним керуванням

У схемах на рис. 33 дросель, що регулюється встановлено послідовно у напірну магістраль (дросельне керування з *постійним тиском*) (рис. 9.65 а) і так, щоб через дросель можна було зливати частину рідини у бак (дросельне керування зі *змінним тиском*) (рис. 33 в).

Із рис. 33 б і г видно, що швидкість руху штока залежить і від зовнішнього навантаження і від площі прохідного перерізу дроселя $S_{др}$.

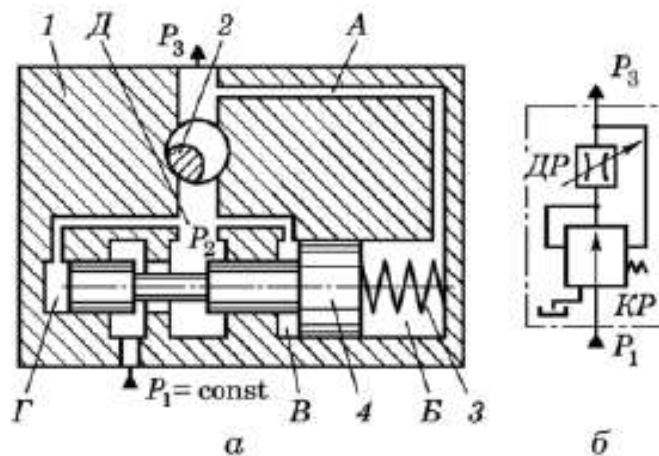
5. Регулятори витрати

Витрата рідини через дросель залежить не тільки від площі робочого прохідного перерізу, а й від перепаду тисків. Чим менший перепад тисків, тим менша витрата і навпаки. Оскільки перепад тисків залежить від навантаження, прикладеного до вихідної ланки гідродвигуна, то при змінному навантаженні не можна отримати постійну витрату за допомогою тільки дроселя, а отже, і стабільну швидкість вихідної ланки гідродвигуна. Ось чому у *гідроприводах з дросельним регулюванням застосовують регулятори витрати*.

Регулятор витрати — це регулювальний гідроапарат, що підтримує задану витрату рідини незалежно від перепаду тисків у підвідному і відвідному потоках.

Конструктивно регулятор витрати — це модуль, що має регульований дросель та редуційний або переливний клапан. За допомогою дроселя дозують витрату рідини, а клапан автоматично забезпечує постійний перепад тиску на дроселі. Клапан в регуляторі потоку може бути під'єднано як *послідовно*, так і *паралельно* з дроселем.

Приклад *послідовного з'єднання клапана і дроселя* є регулятор витрати на рис. 34. Він має таку будову. У корпусі 1 регулятора розміщений регульований дросель 2 і золотник 4 редуційного клапана. Золотник підтиснутий пружиною 3. Порожнина Б клапана сполучена каналом А з виходом із регулятора, а порожнини В і Г — каналами з порожниною Д.



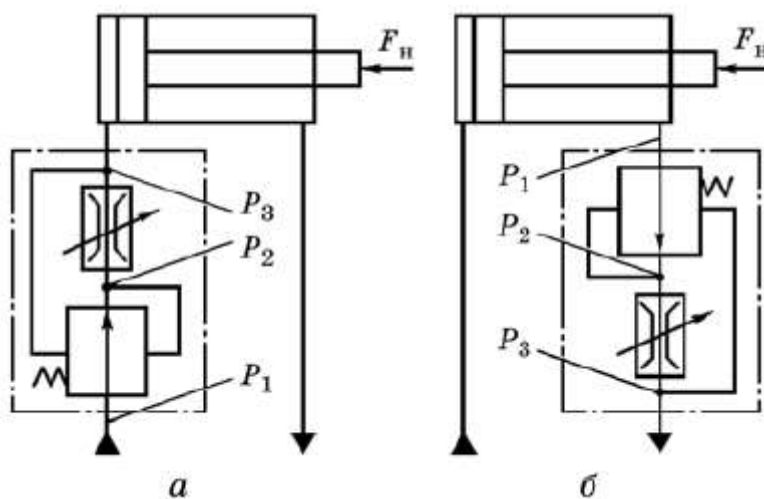
а — конструктивна схема; *б* — умовне позначення на принципових схемах; 1 — корпус; 2 — регульований дросель; 3 — пружина; 4 — золотник клапана; А — канал; Б, В, Г, Д — порожнини; P_1 , P_2 , P_3 — тиск рідини, відповідно: на вході, в порожнині Д, на виході із регулятора; ДР — дросель регульований; КР — клапан редуційний

Рисунок 34 – Регулятор витрати з послідовним з'єднанням редуційного клапана з дроселем

Принципії. Робоча рідина під тиском $P_1 = \text{const}$ надходить крізь вікна клапана у порожнину D , потім під тиском P_2 надходить до дроселя 2, а після нього рідина матиме тиск P_3 . Таким чином, в порожнинах B і G на золотник 4 клапана діє тиск P_2 , а в порожнині B — сила пружини та тиск P_3 рідини, який залежить від навантаження.

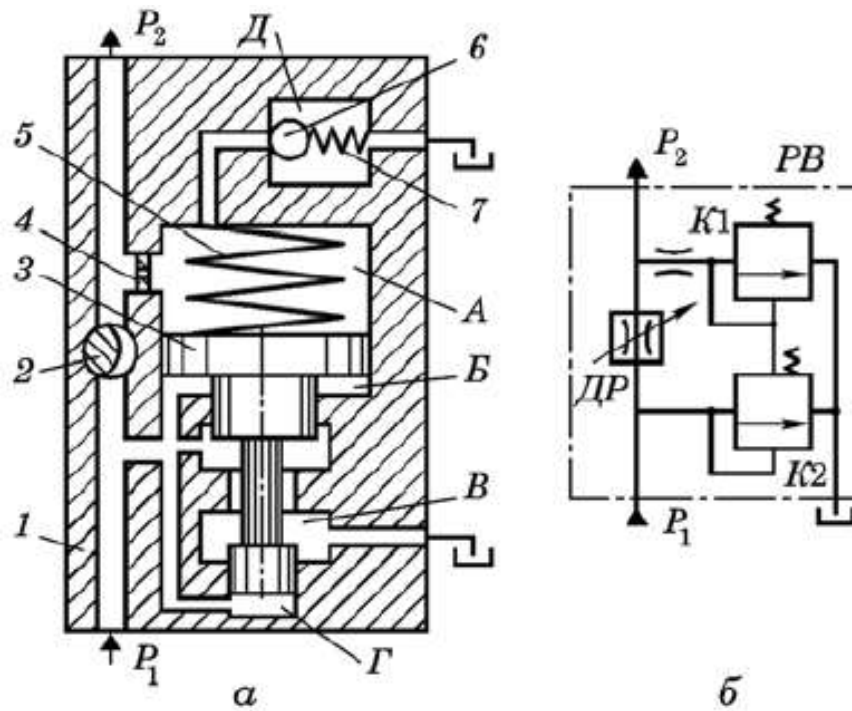
Якщо навантаження на виконавчий орган збільшиться, то і тиск P_3 на виході із регулятора також збільшиться. В цьому разі завдяки збільшенню тиску в порожнині B золотник 4 редуційного клапана автоматично зміститься вліво, збільшуючи робочий прохідний переріз вікон надходження рідини від напірної лінії насоса. Внаслідок витрати і тиск P_2 також збільшиться в порожнині D , отже, попередній перепад тисків на дроселі відновиться. При зменшенні тиску P_3 золотник 4 клапана переміститься вправо, завдяки чому тиск P_2 зменшиться і перепад тиску на дроселі відновиться.

Типові схеми розміщення регуляторів витрати у гідроприводах машин наведено на рис. 35.



a — на вході гідроциліндра; $б$ — на виході гідроциліндра; P_1, P_2, P_3 — тиск рідини в порожнинах регулятора; F_n — зусилля навантаження
Рисунок 35 -Типові схеми розміщення регулятора витрати у гідроприводах машин

Приклад *паралельного з'єднання клапана тиску (переливного) і дроселя* є регулятор витрати із запобіжним клапаном який показано на рис. 36. Схему розміщення такого регулятора в гідроприводах машин наведено на рис. 37.



a — конструктивна схема; *б* — умовне позначення на принципових схемах;
1 — корпус; 2 — регульований дросель; 3 — золотник переливного клапана;
 4 — постійний дросель; 5, 7 — пружини; 6 — запірний елемент (кулька)
 запобіжного клапана; А, Б, В, Г, Д — порожнини; P_1 , P_2 — тиск в
 порожнинах регулятора; *PВ* — регулятор витрат; *K1* і *K2* — клапани
 допоміжний і основний; *ДР* — дросель регульований
 Рисунок 36 - Регулятор витрати з паралельним
 з'єднанням переливного клапана з дроселем

Регулятор витрати паралельного з'єднання встановлюють тільки на вході гідродвигуна (рис37), що живиться від індивідуального насоса, що це істотно обмежує можливості його використання. Водночас застосування такого регулятора має свої переваги:

- усувається потреба у запобіжному клапані,
- економніше витрачається енергія, тому що рівень створюваного насосом тиску не залишається постійним, а автоматично приводиться у відповідність із навантаженням гідродвигуна.

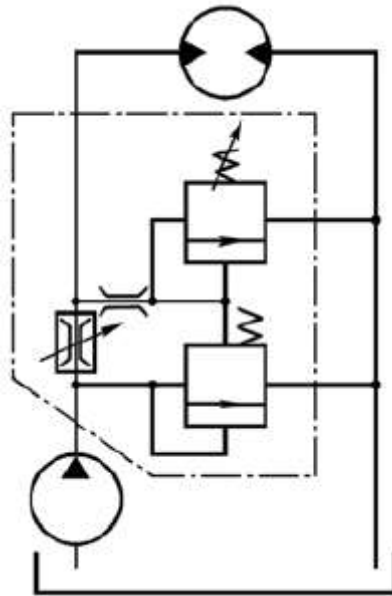


Рисунок 37 – Схема розміщення регулятора витрати паралельного з'єднання в гідроприводах машин

6. Фільтри

Важливим елементом насосних станцій є фільтр, що забезпечує надійну і довговічну роботу гідравлічного приводу. Головне *призначення* фільтрів - *забезпечити необхідну очистку робочої рідини протягом тривалого терміну* роботи гідроприводу.

Ступінь чистоти робочої рідини регламентується державним стандартом, який встановлює 19 класів частоти робочих рідин від 00, 0, 1 ... до 17 класу. Клас чистоти 00 пред'являє найжорсткіші вимоги до фільтрації рідини, а клас чистоти 17 допускає грубу очистку робочої рідини. Кожен клас чистоти рідини визначає кількість, розміри і характер частинок забруднень, які можуть перебувати в певному об'ємі рідини. Так, для класу чистоти 00 в 100 см^3 робочої рідини допускається

- 800 частинок розміром $0,5 \dots 1 \text{ мкм}$,
- 400 часток розміром $1 \dots 2 \text{ мкм}$,
- 32 частинки розміром $2 \dots 5 \text{ мкм}$,
- 4 частки розміром $10 \dots 25 \text{ мкм}$,
- 1 частка розміром до 50 мкм .

Для 17 класу чистоти того ж об'єму число частинок розміром до 50 мкм взагалі не нормується і допускається наявність більше трьох тисяч частинок розміром до 200 мкм . Для машинобудівних гідравлічних приводів ступінь очищення робочих рідин зазвичай визначається 12 ... 14 класами чистоти. Для забезпечення такого очищення застосовуються спеціальні пристрої, які називаються фільтрами.

Відомо велике різноманіття різних фільтрів. Їх класифікують зазвичай за ступенем очищення і по застосовується способу очищення (по типу фільтруючого елемента). За ступенем очищення фільтри поділяються на фільтри *грубого, нормальної, тонкої і особливо тонкого очищення*. До

фільтрів грубої очистки відносять ті, які забезпечують затримання частинок розміром 100 мкм і більше, нормальної очистки - затримання частинок розміром 10-100 мкм. Фільтри тонкого очищення затримують частинки забруднень розміром 5 ... 10 мкм, а особливо тонкої - 1 ... 5 мкм. Щоб забезпечити виконання таких умов очищення, застосовують різні фільтруючі елементи і способи. За *типом фільтруючого елемента* фільтри бувають **сітчасті, щілинні (пластинчасті), пористі і силові**.

Великого поширення набули сітчасті фільтри які можуть бути як фільтрами грубого очищення, так і фільтрами нормальної і тонкого очищення. Елементом, що фільтрує таких фільтрів є сітка, яку виготовляють з металів або неметалів. Завдяки сучасним технологіям розмір осередку сітки може бути отриманий рівним декільком мікрометрів, що забезпечує тонку і навіть особливо тонку очистку.

Зазвичай у всмоктуючий трубопровід встановлюються фільтри грубої очистки. Якщо ж сітка з часом повністю забрудниться і не стане пропускати робочу рідину, то всередині фільтра створиться розрідження. Внаслідок різниці тиску (атмосферного і всередині фільтра) виникає сила, долає силу пружини і піднімає затвор клапана. Тоді в гідравлічну систему почне надходити неочищена робоча рідина, що може привести до виходу з ладу або сам насос та інші пристрої, встановлені в напірному трубопроводі, або до швидкого забруднення фільтрів, установлених після насоса. Тому важливим є своєчасна заміна непрацездатного фільтра або його елемента, що фільтрує.

Зручним в обслуговуванні є *пластинчастий фільтр*. Фільтруючий елемент це набір пластин, між якими встановлені прокладки, товщина яких визначає розмір зазору (щілини) між пластинами і, отже, розмір затримуваних частинок забруднень. Пройшовши щілини між пластинами, очищена рідина проходить по внутрішніх каналах в пластинах і потрапляє на вихід фільтра. Зручність обслуговування полягає в тому, що поворотом рукоятки здійснюється поворот пластин відносно один одного і відбувається їх самоочищення від бруду, який осідає на дно фільтра і може бути видаленим з нього через пробку. Такий фільтр забезпечує лише грубе очищення рідини, затримуючи частинки розміром 80 ... 160 мкм.

Краще очищення робочої рідини забезпечують *пористі* фільтри. Вони затримують частинки розміром 5 ... 40 мкм, оскільки рідина проходить по каналах у вигляді пір матеріалу фільтруючого елемента, що мають дуже малі розміри. Тому вони відносяться до фільтрів *нормального і тонкого очищення*. Елементом, що фільтрує можуть бути фільтрувальні папір і тканини (капрон), а також кераміка.

До *силових фільтрів* відносяться ті, в яких на частинки забруднень впливають сили різного фізичного походження, наприклад, електростатичні сили, магнітні, інерційні, гравітаційні, і не дають частинкам надходити разом з робочою рідиною до пристроїв гідравлічної системи. До таких фільтрів відносять електростатичні, магнітні, відцентрові та інші пристрої очищення робочого середовища.

Принцип дії інерційних фільтрів заснований на створенні відцентрових сил, які відокремлюють в рідині тверді частинки. До них відносять *центрифуги*, за допомогою яких досягається тонкість фільтрації 15 ... 20 мкм.

Гравітаційні фільтри засновані на використанні сили тяжіння, під дією якої осідають частинки забруднень. До таких фільтрів відносяться гідравлічні баки і різного роду відстійники. Однак ефективність гравітаційних фільтрів залежить від ваги частинок. Тому добре осідають великі частки і дрібні (з розміром більше 25 мкм) великої щільності. Недоліком гравітаційних фільтрів є можливість попадання осіли частинок забруднень знову в гідравлічну систему при інтенсивному перемішуванні робочої рідини в гідравлічному баку. Тим важливіше поділ в баку секцій, в яких знаходяться всмоктуючий і зливний трубопроводи.

Важливим є також і **правильна установка фільтра** в самій гідравлічній системі.

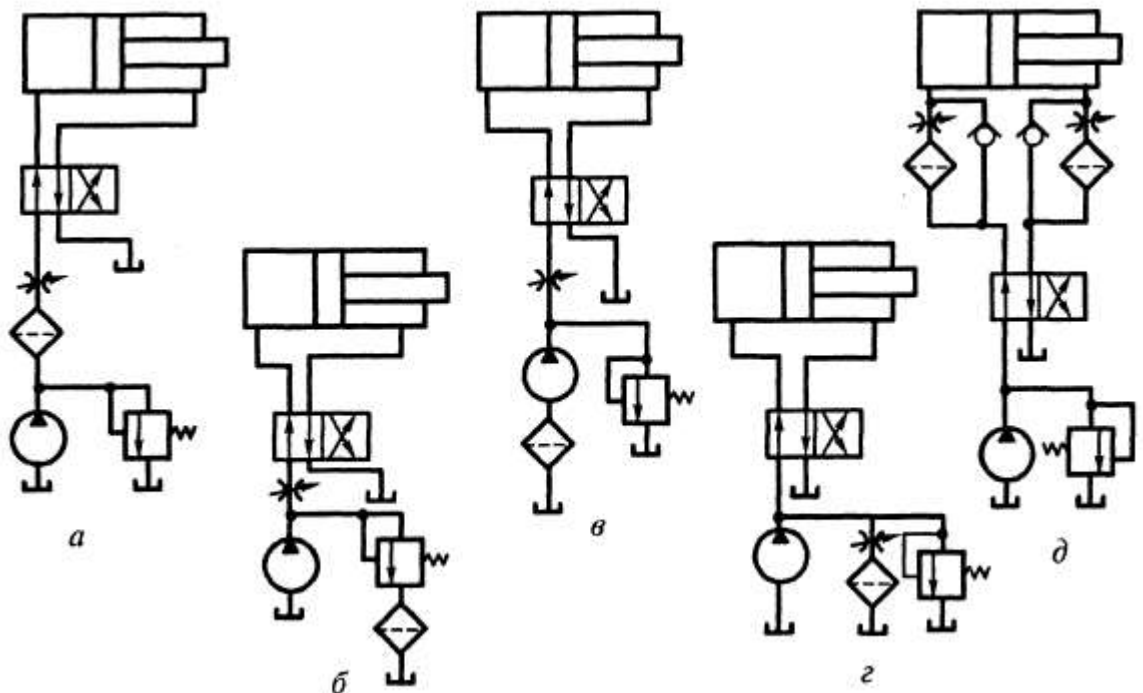


Рисунок 38 - Схеми установки фільтрів

На рис. 38 показані варіанти установки гідравлічних фільтрів в різних місцях гідравлічної системи.

В *напірну гідролінію* насоса (рис. 38, а) зазвичай встановлюють фільтри нормальної очистки, а у *всмоктувальну* (рис. 38, в) - фільтри грубої очистки.

Часто фільтри встановлюють в *зливних гідролінії* (рис. 38, б, г), це теж, як правило, фільтри нормальної або грубої очистки.

Фільтри тонкого очищення встановлюють *перед гідравлічним пристроєм*, що вимагає ретельної фільтрації, якщо цей пристрій виконано з високою точністю і має дуже малі (в кілька мікрометрів) зазори (рис. 38, д).

Слід також пам'ятати, що встановлений в напірній гідролінії фільтр відчуває на собі дію високих робочих тисків. Тому його корпус повинен бути виконаний досить міцним, що збільшує витрати на виготовлення фільтра і його обслуговування.

Установка фільтра в зливних гідролінії дозволяє застосовувати фільтри з полегшеним корпусом. Однак така установка фільтра не забезпечує хорошого захисту гідравлічних пристроїв від забруднень і створює в зливних гідролінії тиск підпору, яке при несвоєчасній заміні фільтруючого елемента може досягти неприпустимих величин.

Контрольні питання

1. Які гідроприспособи належать до гідроапаратури?
2. Чим відрізняється об'ємний гідропривід від гідродинамічного приводу?
3. Яке призначення має гідророзподільник?
4. Які існують види розподільників?
5. На які види розподіляють золотники за ознакою величини перекриття?
6. Чим відрізняються клапанні розподільники від золотникових?
7. Які види клапанів відносять до напірних?
8. Яку функцію виконує запобіжний клапан?
9. Яку функцію виконує переливний клапан?
10. Яку функцію виконує редуційний клапан?
- Яку функцію виконує диференціальний клапан (різниці тисків)?
11. Яку функцію виконує сповільнювальний клапан?
12. Яку функцію виконує зворотний клапан?
13. Яку функцію виконує гідрозамок?
14. Яку функцію виконує запірна муфта?
15. Яку функцію виконує розривна муфта?
16. Яку функцію виконує дросель?
17. Яку функцію виконує регулятор витрати?
18. Якою є типова схема включення регулятора витрати?