

ЛЕКЦІЯ № 9 Загальні відомості про гідропривод та гідравлічні машини

Змістовий модуль 2. Насоси, гідро- та пневмоприводи.

Тема: Загальні відомості про гідропривод та гідравлічні машини

Мета: Вивчити класифікацію, будову, загальні визначення, основні параметри та принцип дії гідроприводів.

План лекції

- 9.1 Загальні відомості та класифікація гідроприводів.
- 9.2 Об'ємний гідропривід, загальні визначення та його основні параметри.
- 9.3 Принцип дії об'ємного гідроприводу.

Рекомендована література

1. Гідравліка та її використання в агропромисловому комплексі / В.А.Дідур, О.Д.Савченко, Д.П. Журавель, С.І. Мовчан; – К.: Аграрна освіта, 2008. – 577 с. (с. 149 – 154? 159 - 177).
2. Гідравліка, сільськогосподарське водопостачання та гідропневмопривод. / В.А.Дідур, О.Д.Савченко, С.І.Пастушенко, С.І. Мовчан; – Запоріжжя: Прем'єр, 2005. – 464 с. (с. 119 – 125, 129 - 144).
3. Палишкин, Н.А. Гидравлика и сельскохозяйственное водоснабжение / Н.А. Палишкин; – М.: Агропромиздат, 1990. – 351 с. (с.126 - 176).
4. Исаев, А.П. Гидравлика и гидромеханизация сельскохозяйственных процессов / А.П.Исаев, Б.И. Сергеев, В.А.Дидур; – М.: Агропромиздат, 1990. – 400с. (с. 89 - 141).
5. Карасев, Б.В. Гидравлика, основы сельскохозяйственного водоснабжения и канализации / Б.В.Карасев;–Минск: “Высшая школа”, 1983 – 288 с. (с. 44 - 60).
6. Костюченко, Э.В. Практикум по гидравлике и гидромеханизации сельскохозяйственных процессов / Э.В. Костюченко, В.И.Лаптев, Л.А.Холодок; – Минск, Ураджай, 1991. – 272 с. (с.146 - 167).

Матеріал лекції

9.1 Загальні відомості та класифікація гідроприводів.

Однією з основних умов збільшення продуктивності сільськогосподарських машин є поліпшення техніко-економічних показників приводів, підвищення їхньої надійності і довговічності.

Приводом називають агрегат для надання руху машинам і механізмам.

Привод складається з двигуна, передачі, механізмів керування і допоміжних пристроїв. У залежності від основного виду передачі розрізняють механічний, гідравлічний і пневматичний приводи. Передачею називають пристрій для перетворення енергії двигуна в рух робочого органа машини. Застосовуючи ту саму передачу, наприклад гідродинамічну, з різними двигунами (наприклад, двигуном внутрішнього згоряння чи електродвигуном), одержимо різні властивості привода. Тому характеристика привода в цілому складається з взаємодії характеристик двигуна і передачі. Це знаходить висвітлення й у назвах приводів: дизель-електричний, електрогідравлічний та ін.

Передачі, що перетворюють механічну енергію двигуна, розділяються на механічні, гідравлічні, електричні і пневматичні в залежності від виду тіла, що приймає участь у перетворенні енергії. Так, у механічних передачах, рух передається і перетворюється за допомогою взаємодії твердих тіл. У гідравлічних передачах (гідропередачах) робочим тілом, що передає енергію, є рідина, у пневматичних – повітря (газ).

Кожна передача має вхідну (ведучу) і вихідну (відому) ланки. У передачі обертового руху вхідною і вихідною ланкою будуть обертові вали. У передачі поступального руху вхідною ланкою може бути вал, наприклад, насоса, а вихідною ланкою поршень у гідроциліндрі. Однак вхідною ланкою може бути і поступально переміщуємий поршень, наприклад поршень головного гальмового циліндра в безнасосній системі керування гальмами.

Гидропневмоприводи, розділяються на гідростатичні (об'ємної дії) і гідродинамічні. У першому тиск створюється насосом і передається на виконавчий орган (гідроциліндр чи гідромотор) через робочу рідину як через проміжне тіло.

В другому – робоча рідина обертається з допомогою обертання відцентрового колеса (ведуча ланка). Кінетична енергія рідини, яка обертається

реалізується на турбіні (відома ланка). Ведуча і відома ланки розташовуються при цьому в спільному корпусі. Основною особливістю гідродинамічної передачі є відсутність жорсткого зв'язку між ведучою і відомою ланками.

Перевага гідростатичної передачі в порівнянні з гідродинамічною полягає в можливості реалізації великих передаточних чисел при одночасному перетворенні обертального руху в поступальний і навпаки. Другим важливим достоїнством гідростатичної передачі є легкість відділення ведучого органа від відомого. Завдяки цим властивостям гідростатичний привод цілком заміняє складну механічну трансмісію з усіма її вузлами і деталями.

9.2 Об'ємний гідропривод, загальні визначення та його основні параметри.

Загальні визначення й основні параметри. Під об'ємним гідроприводом розуміється в загальному випадку гідросистема, призначена для приведення в рух механізмів і машин, до складу якої входить об'ємний гідродвигун.

Поширене також визначення відповідно до якого під об'ємним гідроприводом розуміється гідросистема (система гідромашин і гідроагрегатів), що служить для передачі за допомогою рідини енергію на відстань і перетворення її в механічну енергію на виході системи (в енергію руху гідродвигуна) і одночасно виконуючої функції регулювання і реверсування швидкості вихідної ланки.

Об'ємний гідропривод, що складається з пристроїв конструктивно оформлених в одному загальному блоці, називається ***об'ємною гідропередачею*** (гідротрансмісією). Поняття «гідропривод» звичайно отожднюється з поняттям «гідросистема», під яким розуміється сукупність пристроїв, що передають енергію шляхом використання рідини під тиском

Гідросистема може мати як один, так і кілька гідродвигунів і насосів.

Усякий гідропривод складається з джерела витрати рідини, яким у більшості випадків служить насос, гідродвигуна зворотно-поступального чи обертального руху, агрегатів керування, рідинних магістралей (гідроліній чи гідромереж) та інших гідроапаратів. Рис. 1.

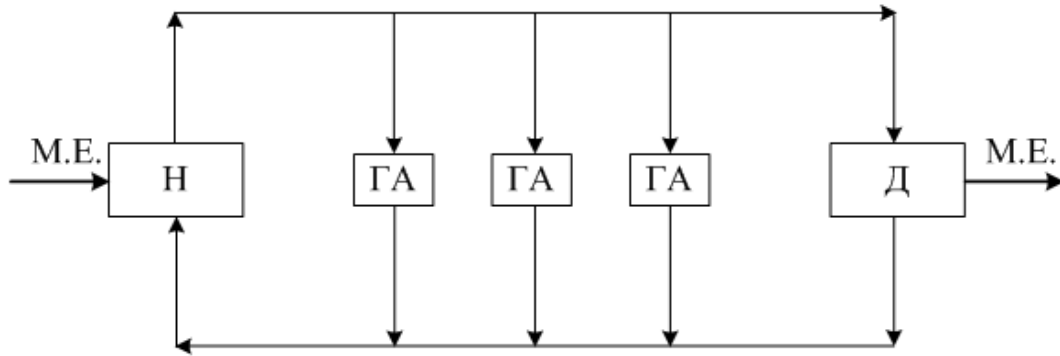


Рис. 1. Структурна схема об'ємного гідроприводу: М.Е. – механічна енергія; Н - насос; Д - гідродвигун; ГА-гідроагрегати; → - напрямок циркуляції робочої рідини.

Гідроапаратурою називають пристрої, призначені для змінювання параметрів потоку робочої рідини або підтримки їх на визначеному постійному рівні. Під параметрами потоку в даному випадку розуміють **тиск, витрата і напрямок руху**.

Під гідролінією розуміється сукупність з'єднаних один з одним пристроїв, що мають безпосередній контакт із робочою рідиною і призначених для виконання визначеної функції в об'ємному гідроприводі.

Під гідролінією чи гідромережею мають на увазі пристрій, призначений для проходження робочої рідини в процесі роботи об'ємного гідроприводу.

Розрізняють: напірну гідролінію - частина основної гідролінії (гідромережі), по якій робоча рідина рухається від насоса до розподільника чи безпосередньо до гідродвигуна;

виконавчу гідролінію - частина основної гідролінії, по якій робоча рідина рухається від розподільника до гідродвигуна і назад;

зливальну гідролінію - частина основної гідролінії, по якій робоча рідина рухається в бак від розподільника чи безпосередньо від гідродвигуна.

Насосом називається машина, що перетворює механічну енергію, прикладену до його вала, в енергію рідини, а **гідродвигуном** – машина, що перетворює енергію рідини в механічну енергію на його валу.

Об'ємний гідродвигун з поворотним рухом відомої ланки на кут $<360^{\circ}$ називають **гідроповоротником**, чи **моментним гідроциліндром**, або ще **гідроквадрантом**. Об'ємний гідропривод з гідроповоротником називається **гідроприводом поворотного руху**.

Об'ємний гідродвигун з обертальним рухом відомої (вихідної) ланки називається **гідромотором**, а гідродвигун із прямолінійним зворотно-

поступальним рухом – *гідроциліндром*.

По призначенню гідроприводи тракторів і сільськогосподарських машин можна розділити на три групи: гідроприводи робочих органів; гідроприводи дистанційного управління і гідроприводи ходової системи гідротрансмісії.

У свою чергу, гідроприводи робочих органів поділяються на гідроприводи активних робочих органів і гідроприводи керування положенням робочих органів.

Гідроприводи активних робочих органів забезпечують передачу енергії безпосередньо до робочих органів машин для виконання безупинного чи циклічно повторюваного процесу. У залежності від особливостей технологічного процесу гідроприводи забезпечують постійну чи перемінну швидкість руху робочого органа, можуть бути реверсивними чи неревверсивними по напрямку руху.

Гідроприводи управління положенням робочого органа установлюють чи фіксують ці органи в заданому положенні, відносно сільськогосподарської машини (додаткові опори грейферних навантажувачів, штанги обприскувачів й ін.).

У ряді випадків гідропривод забезпечує установку робочих органів у «плаваюче» положення, при якому робочий орган переміщається під впливом діючих на нього сил. Таке керування звичайно використовується для копіювання рельєфу ґрунту ріжущими або збираючими робочими органами.

Серед гідроприводів дистанційного управління найбільш розповсюджений гідропривод рульового керування, який призначений для зменшення зусиль, необхідних для керування самохідною машиною, і забезпечує передачу енергії від вала двигуна внутрішнього згоряння до механізму повороту. При цьому від механізатора потрібно тільки зусилля для переміщення гідравлічних розподільних пристроїв. Поворот керованих коліс при непрацюючому двигуні здійснюється за рахунок сил, що прикладаються до кермового колеса.

Гідротрансмісії виконують кілька функцій: передачу енергії, необхідної для руху самохідної машини при незмінній частоті обертання вала двигуна внутрішнього згоряння; динамічне гальмування самохідної машини, що досягається зменшенням подачі насоса.

Безступінчаста зміна швидкості руху самохідної машини дозволяє цілком використовувати потужність двигуна і виконувати технологічний процес на оптимальних режимах.

Переваги і недоліки гідроприводу. Завдяки тому, що гідропривод

дозволяє поліпшити експлуатаційні і техніко-економічні характеристики машин і механізмів, він знайшов широке поширення на тракторах і машинах сільськогосподарського призначення. Застосування гідروприводу на тракторах і сільськогосподарських машинах обумовлено рядом його переваг у порівнянні з механічними приводами:

незалежність взаємного розташування вузлів гідроприводу; малі габарити і висока передавана потужність на одиницю маси;

можливість одержування великих передаточних відносин без застосування механічних редукторів;

простота розгалуження потужності без кінематичних складних і малонадійних приводів зі значною кількістю ланцюгів, ременів, карданних валів і інших елементів механічних передач;

широка уніфікація в межах машинобудівних галузей;

надійне запобігання робочих органів від перевантажень;

можливість безступінчастого регулювання швидкісних режимів і легкість керування;

зниження витрат часу на регулювання і технічне обслуговування машин;

можливість автоматизації процесу управління;

поліпшення умов роботи механізаторів.

При цьому гідроприводи порівняно прості у виготовленні, експлуатації і відрізняються надійністю. При дотриманні правил експлуатації ресурс багатьох типів насосів і гідромоторів досягає до 6000 мотогодину і вище.

У той же час гідроприводи не позбавлені недоліків, до основних з яких варто віднести:

вплив температури зовнішнього середовища на параметри гідропередачі;

високі втрати потужності на подолання тертя робочої рідини в гідролініях, утрати з внутрішніми і зовнішніми витоками робочої рідини;

можливі порушення роботи гідроприводу внаслідок наявності повітря в системі.

9.3. Принцип дії об'ємного гідроприводу. Основні переваги та недоліки.

З відомих у гідравліці трьох видів механічної енергії рідини, що у питомому вираженні можна представити рівнянням

$$e = \frac{E}{m} = zg + \frac{p}{\rho} + \frac{U^2}{2},$$

де E - повна енергія рідини щільністю ρ ; m - маса рідини, що тече зі швидкістю u ; zg - питома енергія положення; g - прискорення вільного падіння; p/ρ - питома енергія тиску; $U^2/2$ - питома кінетична енергія рідини.

В об'ємних гідроприводах використовується енергія тиску, що за допомогою об'ємних гідродвигунів перетворюється в механічну роботу.

Для допоміжних, головним чином командних, ланцюгів використовується також кінетична енергія.

Кінетична енергія рідини використовується в гідродинамічних передачах, що розглядаються в однойменному навчальному курсі. Енергією положення в об'ємних гідроприводах звичайно зневажають, оскільки різниця висот Z між окремими елементами гідросистеми мала й енергія положення набагато менша в порівнянні з діючою в ній енергією тиску рідини. Ця енергія положення враховується лише при розрахунках і дослідженнях усмоктувальних характеристик насосів. Принцип дії об'ємних гідроприводів заснований на високому об'ємному модулі пружності (незначної стискальності) рідини і на законі Б. Паскаля.

З приведеної на рис. 2, а схеми, що ілюструє цей закон, випливає, що якщо в герметично заповненій рідиною посудині прикладемо силу P до поршня площею f , то ця сила зрівноважиться (тертям поршня зневажаємо) силою тиску рідини P на цей поршень, що буде діяти в будь-якій точці рідини, включаючи і поверхню посудини (гідростатичним тиском зневажаємо).

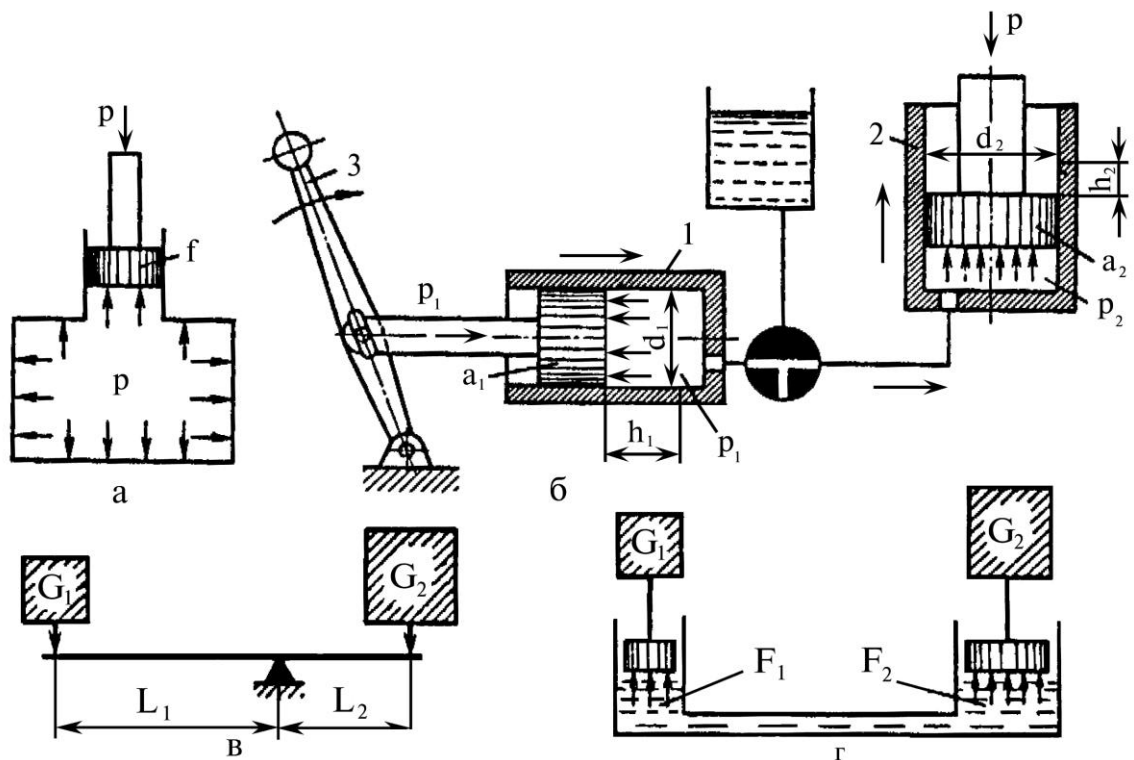


Рис. 2 Схеми, що ілюструють принцип дії об'ємного гідроприводу

Положення збережеться, якщо як судини візьмемо два з'єднаних трубопроводами герметично закритих поршнями a_1 і a_2 (рис. 1.б) циліндри 1 і 2, перший з яких є ведучим (насосом), а другий - відомим (гідродвигуном). При переміщенні за допомогою рукоятки 3 поршня a_1 , циліндра 1 у праву сторону рідина витісняється в циліндр 2, переміщаючи його поршень a_2 , нагору, причому тиск $P_1 = P_1/f_1$ в циліндрі 1 силою P , прикладеною до поршня a_1 , діє також і на поршень a_2 циліндра 2 (утратами тиску в трубопроводі зневажаємо, тобто вважаємо, що $p_1 = p_2$).

Допускаючи, що циліндри 1 і 2 герметичні, а рідина нестислива, переміщення поршнів a_1 і a_2 опишемо рівнянням рівності об'ємів, що витісняються ними, (рівнянням нерозривності потоку) $h_1 f_1 = h_2 f_2$, де h_1, h_2, f_1, f_2 - відповідно переміщення і площі поршнів a_1 і a_2 .

На підставі цієї рівності можна записати:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{f_1}{f_2} = \frac{d_1^2}{d_2^2}; \quad h_2 = h_1 \frac{f_1}{f_2} = h_1 \frac{d_1^2}{d_2^2},$$

де d_1 і d_2 – діаметри поршнів a_1 і a_2 .

Зневажаючи гідравлічним опором (припускаємо, що тиск $p_1 = p_2 = p$) і тертям поршнів a_1 і a_2 при їхньому русі, можна написати вираз для сил P_1 і P_2 діючих на поршні a_1 і a_2 :

$$P_1 = pf_1 \quad \text{і} \quad P_2 = pf_2.$$

Відповідно з цим:

$$\frac{P_2}{P_1} = \frac{pf_2}{pf_1} = \frac{d_2^2}{d_1^2} \quad P_2 = P_1 \frac{f_2}{f_1},$$

З цієї рівності випливає, що сила P_2 більше сили P_1 в $\frac{f_2}{f_1}$ рази.

Рівновага сил, що діють у розглянутій схемі, можна порівняти з рівновагою коромисла, навантаженого вантажами вагою G_1 і G_2 , прикладеними на його кінцях (рис. 2, в)

Неважко доказати, що довжини пліч L_1 і L_2 коромисла і величини вантажів вагою G_1 і G_2 зв'язані співвідношенням

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{L_2}{L_1}.$$

Відповідно до порівнюваної гідросхеми (рис. 2. г), що складається зі зв'язаних трубопроводами двох циліндрів площею F_1 і F_2 , поршні яких навантажені вантажами вагою G_1 і G_2

$$\frac{G_1}{G_2} = \frac{F_1}{F_2}.$$

Добуток сили, P_1 що діє на поршень a_1 (рис. 2.б) на швидкість його руху $V_1 = h_1 / t$,

де t – час переміщення поршня на відстань h_1 , дає вираз потужності $N = P_1 V_1$.

Підставивши в попередній вираз $P_1 = f_1 p$ одержимо $N = p f_1 V_1$.

З урахуванням того, що добуток $f_1 V_1$ виражає об'єм, описуваний поршнем в одиницю часу, чи розрахункову подачу Q рідини одержимо:

$$N = pQ$$

У тому випадку, якщо тиск виражений у кГ/см^2 і подача в $\text{см}^3/\text{с}$ потужність буде виражена в $\text{кГ} \cdot \text{см/с}$.

Для одержання потужності в К.с. користаються виразом

$$N = \frac{pQ}{7500} \text{ К.с} = 735,499 \text{ вт},$$

де Q – витрата рідини в $\text{см}^3/\text{с}$; p - тиск рідини в кГ/см^2 , 0,1 МПа.

Розрахункові формули потужності приведені в такій формі, що їх можна використовувати в умовах застосування конкретних одиниць міжнародної системи (СИ) і системи МКС, системи МКГСС і СГС. Співвідношення між одиницями фізичних величин. Конструктивна схема гідропривода відрізняється від спрощеної тим, що включає насос неперервної дії, а також ряд других апаратів, які управляють потоком рідини і запобігають від перевантаження системи. В будь-якому гідроприводі розрізняють три групи елементів: насоси (джерело гідравлічної енергії), гідродвигуни (приймачі гідравлічної енергії чи виконавчі механізми), розподільну і регулюючу гідроапаратуру.

На рис. 3, а представлена схема найпростішого об'ємного гідроприводу для прямолінійного зворотньо-поступального руху. Привод складається з з'єднаних трубопроводами насоса з резервуаром (баком) 5 і гідродвигуна (силового циліндра) 2. запобіжного клапана 4, обмежуючого підвищення тиску рідини вище встановленого значення, і розподільного пристрою (крана) 3, за допомогою якого змінюється напрямок потоку рідини від насоса до робочих порожнин гідродвигуна, тобто здійснюється зміна напрямку його руху. У положенні розподільника (крана) 3, представленого на (рис. а), рідина від насоса 1 надходить у ліву порожнину циліндра 2, переміщаючи його поршень у праву сторону.

Рідина ж, що витісняється при цьому поршнем із правої (неробочої) порожнини циліндра 2, віддаляється по зливальним трубопровідним каналам розподільника 3 у резервуар 5. При повороті розподільника 3 на кут 90° рідина

від насоса надходить у праву порожнину циліндра 2 і відводиться в бак 5 з лівої його порожнини; поршень у цьому випадку рухається в ліву сторону. При підвищенні тиску більше встановленого значення відкриється запобіжний клапан 4 і рідина під тиском буде переливатися через нього в бак. На рис.3, б і в представлені принципові схеми гідропередачі з гідродвигуном (гідромотором) 2 обертального руху.

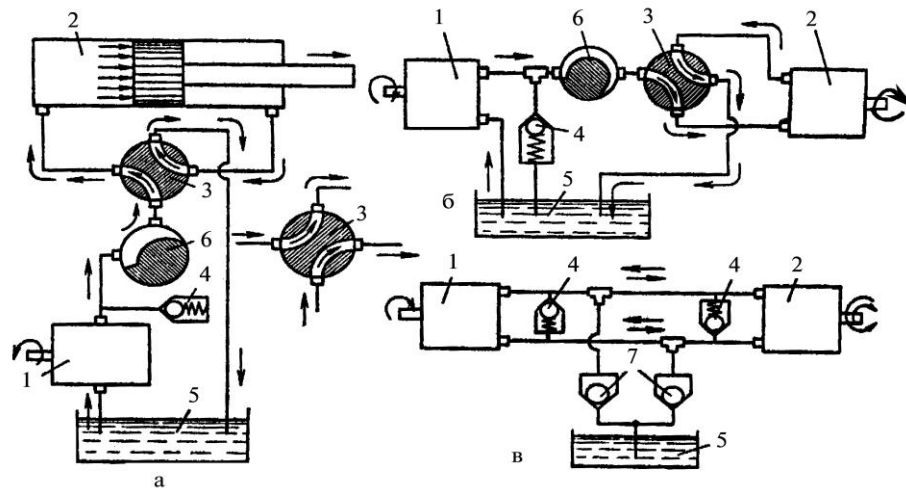


Рис. 3 Принципові схеми гідроприводів прямолінійного (а) і обертального (б и в) руху.

Реверс гідродвигуна в схемі (рис.3, б) здійснюється за допомогою розподільника 3, а в схемі (рис. 3, в) – шляхом зміни насосом напрямку потоку рідини. Система в останньому випадку повинна бути забезпечена зворотними (запірними) клапанами 7, що від'єднують при зміні напрямку потоку рідини напірну магістраль від бака 5 і одночасно забезпечують підживлення усмоктувальної порожнини насоса у випадку, якщо в останній утвориться в результаті витоків рідини чи інших причин вакуум. Схема також забезпечена запобіжним клапаном 4 і баком 5 запасу робочої рідини.

Очевидно, що при прийнятій вище умові повної герметичності гідроагрегатів і практичної не стискальності рідини вихідна ланка двигуна переміщається (чи обертається) з визначеною швидкістю, що забезпечує прохід через його робочі камери рідини, поданої насосом, тобто повинна бути дотримана умова $Q_n = Q_d$, де - Q_n і Q_d теоретичні подачі (об'єми, описувані робочими елементами в одиницю часу) насоса і двигуна. У результаті при прийнятій вище умові одержимо жорсткий кінематичний зв'язок між насосом і гідродвигуном.

Розглянуті (рис.3) схеми відносяться до числа найпростіших, у яких керування потоком рідини зводиться лише до зміни її напрямку плин

якого-небудь впливу на закон руху поршня гідродвигуна. У випадку, коли цей вплив зв'язується з циклом роботи машини чи з керуванням по програмі, гідропривід стає частиною системи автоматичного чи напіваавтоматичного регулювання, елементи гідроприводу називаються елементами гідроавтоматики, а гідросистема – автоматичною чи напіваавтоматичною.

Тиск рідини в гідроприводі. З виразу випливає, що при підвищенні тиску рідини потужність гідроприводу при всіх інших рівних умовах пропорційно підвищується, а отже, знижуються його питома маса і габаритні розміри. Через це в практиці відбувається безупинне підвищення тиску. В даний час у гідросистемах, як правило, тиски рівні 20-25 і рідше 35- 70 МПа.

Об'ємний насос може розвивати будь-які тиски, при яких робочі рідини ще зберігають свої властивості. Утрата цих властивостей, що обмежує тиск, обумовлена тим, що практично більшість рідин, у тому числі і рідині нафтового походження, при тисках 2000 - 3000 МПа затвердівають.

Вода при 20⁰С перетворюється у тверде тіло при тиску 840 МПа.

У гідросистемах машин поширення і насоси потужністю до 75 кВт (100 К.с.), однак у деяких випадках, і зокрема у важкому машинобудуванні, застосовуються насоси з приводною потужністю вище 3000 кВт (при тисках 22 МПа).

Економічність застосування передач характеризується насамперед коефіцієнтом корисної дії. З цієї точки зору усім видам передач, у тому числі і гідравлічним, властиво загальні закономірності. Розглянемо їх.

Закон збереження енергії в застосуванні до передач, що перетворюють параметри механічної енергії, може бути записаний в вигляді:

$$N_1 = N_2 + N_{\text{П}},$$

де N_1 - потужність на вхідній, ведучій ланці; N_2 - потужність на вихідній, відомій ланці; $N_{\text{П}}$ - потужність, загублена в передачі (перетворюється в тепло і розсівається в навколишнє середовище).

При передачі обертання, $N_1 = M_1\omega_1$ и $N_2 = M_2\omega_2$, тоді:

$$M_1\omega_1 = N_{\text{П}} + M_2\omega_2$$

де $M_1\omega_1$ - момент і кутова швидкість на валу насоса; $M_2\omega_2$ - те ж, на валу мотора.

Розділивши праву і ліву частини рівняння на $M_1\omega_1$, одержимо:

$$1 = \frac{M_2\omega_2}{M_1\omega_1} + \frac{N_{\text{П}}}{M_1\omega_1}; \text{ або } \frac{M_2\omega_2}{M_1\omega_1} = 1 - \frac{N_{\text{П}}}{M_1\omega_1}$$

Коефіцієнт корисної дії, як відомо, є відношенням корисно використаної потужності N_2 (потужність на відомому валу), до витраченої, тобто:

$$\eta = \frac{N_2}{N_1} = \frac{M_2\omega_2}{M_1\omega_1}.$$

Це рівняння для визначення ККД отримано із самих загальних розумінь

і справедливо для усіх видів передач. У ньому враховані усі втрати енергії, і тому воно не вимагає ніяких додаткових уточнень.

У передачах прийнято називати відношення $k = M_1 / M_2$ коефіцієнтом трансформації, або силовим передаточним відношенням, а величину $i = \frac{\omega_2}{\omega_1}$ - передаточним відношенням. Виходячи з цього:

$$\eta = ki$$

Таким чином, для визначення повного ККД отримано дуже просте і загальне для усіх видів передач рівняння. Воно дозволяє оцінити передачу з погляду ефективності використання енергії, не прибігаючи до розгляду внутрішніх процесів, що відбуваються в передачі, базуючись тільки на легко вимірюваних величинах.

Значення k і i для передач поступального руху визначають по формулам:

$$k = P_2 / P_1 ,$$

$$i = V_2 / V_1$$

де P і V - сила і швидкість ведучої і відомої ланок.

Основні поняття і технічні характеристики гідравлічних машин.
Об'ємними називаються гідромашини (ГМ), у яких рідина переміщається шляхом періодичної зміни об'єму займаної нею камери, яка періодично з'єднується з місцями входу і виходу рідини. Більшість об'ємних (ГМ) є оборотними і можуть бути використані як у режимі насоса (Н), так і в режимі гідродвигуна (гідромотора) (М).

Об'ємний насос – це (ГМ) призначена для перетворення механічної енергії руху в гідравлічну енергію потоку робочої рідини.

Об'ємний двигун – це (ГМ) призначена для перетворення енергії потоку робочої рідини в енергію руху вихідної ланки.

Переміщення рідини в об'ємному насосі здійснюється шляхом витиснення її з робочої камери робочим органом. В якості робочих органів можуть бути поршні, плунжери, шестерні, гвинти, пластини і т.п. По характеру руху робочого органу об'ємні гідромашини підрозділяються на поршневі з зворотньо-поступальним чи обертально-поступальним рухом робочого органа.

Класифікація (ГМ) з урахуванням принципу витиснення рідини з робочих камер приведена на рис. 4.

Основні відмінності об'ємних насосів від розглянутих раніше лопатевих полягають у наступному:

- подача об'ємного насоса здійснюється циклічно, а не рівномірним потоком, як у лопатевих насосах. Причому за кожен цикл робочого процесу подається порція, рівна робочому об'єму насоса;
- напірний трубопровід об'ємних насосів постійно відділений від усмоктувального відповідними пристроями;
- об'ємний насос має здатність самоусмоктування, тобто здатний створювати вакуум в усмоктувальній трубі;
- ідеальна подача не залежить від тиску, який створює насос;
- тиск, створюваний насосом, не залежить від швидкості руху робочого органу.



Рис. 4. Класифікація ГМ об'ємної дії.

Середня подача в секунду об'ємних насосів визначається по формулі:

$$Q = \eta_0 \frac{q_T n}{60},$$

де Q_T – робочий об'єм насоса, тобто об'єм рідини, що витісняється робочим органом за один цикл (поворот вала кривошипа в поршневих і ротора в роторних насосах); n – число робочих циклів у хвилину; η_0 – об'ємний ККД насоса.

Об'ємний ККД насоса дорівнює відношенню дійсної середньої подачі до ідеальної (теоретичної) середньої подачі:

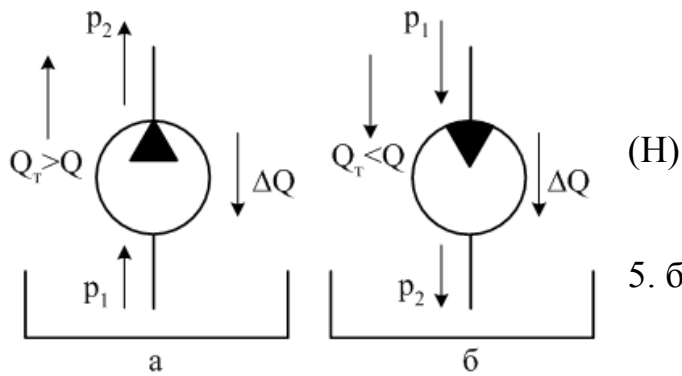


Рис. 5. Схема об'ємних втрат в (ГМ): а - насос; б - гідромотор

В об'ємних насосах збільшенням кінетичної енергії звичайно зневажають, тому тиск насоса:

$$p_H = p_2 - p_1,$$

де p_2 і p_1 – відповідно тиск на виході і вході в насос.

Напір насоса:

$$H = \frac{p_H}{\rho g}.$$

Корисна потужність насоса:

$$N_{II} = Q p_H.$$

Потужність насоса (споживана)

$$N = M_n \omega_n,$$

де M_n – момент на валу насоса; ω_n – кутова швидкість вала насоса.

ККД насоса – це відношення корисної потужності до потужності, споживаної насосом:

$$\eta_{0H} = \frac{Q}{Q_T}, \text{ де } Q_T = Q + \Delta Q,$$

де ΔQ – об'ємні втрати в насосі

Для гідромотора $Q_T = Q - \Delta Q$ (рис. 5. б),

$$\text{Тоді } \eta_{om} = \frac{q_T n_M}{Q}$$

$$\eta = \frac{N_{\Pi}}{N} = \frac{Q p_n}{M_n \omega_n}.$$

В об'ємних насосах, як і в лопатевих, розрізняють гідравлічний η_z , об'ємний η_o і механічний $\eta_{\text{мех}}$ ККД.

Гідравлічний ККД враховує втрати енергії на подолання гідравлічних опорів у насосі:

$$\eta_z = \frac{p_2 - p_1}{p_{\text{ин}}} = \frac{p_n}{p_{\text{ин}}},$$

де $p_{\text{ин}}$ - індикаторний тиск, створюваний у робочій камері насоса і відповідний теоретичному напору.

Об'ємний ККД враховує втрати, зв'язані з витокami рідини через зазори, і визначається залежністю.

Механічний ККД, що враховує втрати на тертя в механізмах насоса:

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{N - \Delta N_{\text{мех}}}{N} = \frac{N_{\text{ин}}}{N},$$

де $N_{\text{ин}}$ - індикаторна потужність, що надається рідині в робочій камері і відповідна гідравлічній потужності в лопатевих насосах; $N_{\text{ин}} = Q_T p_{\text{ин}}$

Якщо залежність помножити і розділити на $N_{\text{ин}}$, одержимо:

$$\eta = \frac{Q p_n}{N} \frac{N_{\text{ин}}}{Q_T p_n} = \frac{p_n}{p_{\text{ин}}} \frac{Q}{Q_T} \frac{N_{\text{ин}}}{N} = \eta_z \eta_o \eta_{\text{мех}},$$

Тобто ККД насоса (загальний) дорівнює добутку часток ККД - гідравлічного, об'ємного і механічного. Така ж залежність зберігається і для гідродвигуна.

Об'ємні гідродвигуни можуть класифікуватися тими ж показниками, що й об'ємні насоси, але з урахуванням властивостей їхньої оборотності, під якими розуміється придатність гідромашини для роботи як в режимі насоса, так і в режимі гідромотора.

Об'ємна гідромашина, призначена для роботи як у режимі насоса, так і в режимі гідромотора, називається насосом-мотором. Всяка об'ємна гідравлічна машина (насос і гідромотор) працює на принципі витиснення рідини. Її робочий

орган захоплює в прийомні порожнині машини деякий об'єм рідини, що потім переміщається з робочим органом машини до нагнітальної порожнини, де рідина витісняється під деяким тиском з робочого органу в цю порожнину.

При обертанні вала насоса об'єм камер останнього змінюється, причому при робочому циклі цей об'єм зменшується і його рідина, що заповнює, витісняється в нагнітальну порожнину;

для гідродвигуна об'єм камер (камери) при робочому ході збільшується і рідина, що надійшла до нього від зовнішнього джерела, заповнює ці камери.

Основні параметри гідродвигуна робочий об'єм (q_T), витрата (Q), перепад тиску (Δp), крутящий момент ($M_{кр}$), потужність (N), а також об'ємний (η_0) і механічний ($\eta_{мех}$) ККД.

Робочий об'єм для гідромоторів поршневого типу буде рівнятися:

$$q_T = FSiZ,$$

де F - площа поршня, m^2 ; S - хід поршня, m ; i - число поршнів; Z - число циклів за один оборот.

Для гідроциліндрів: $q_T = FS$, де S -хід поршня гідроциліндра; для гідромоторів зворотно-обертального типу $q_T = FS$, де S -хід пластини, обмірюваний по дузі, описаної її центром ваги.

Так само як і роторний насос, гідромотор характеризується ідеальною витратою рідини через гідромотор за один оборот ротора:

$$Q_T = q_T n_M$$

Перепад тиску на гідромоторі визначається різницею між тисками на вході і на виході:

$$\Delta p = p_1 - p_2$$

Корисна потужність гідромотора дорівнює добутку крутящего моменту, на його валу на кутову швидкість вала:

$$N_{\Pi} = M\omega,$$

Потужність, споживана гідромотором,

$$N = Q\Delta p.$$

Відношення N_{Π}/N визначає загальний ККД гідромотора, що дорівнює добутку трьох часток ККД, тобто:

$$\eta_M = N_{II} / N = \eta_r \eta_0 \eta_{Mex}.$$

Переписавши вираз у вигляді:

$$M\omega = \eta_r \eta_0 \Delta p Q$$

і замінивши $\omega = 2\pi n$, одержимо вираз для моменту на валу гідромотора

$$M = 0.159 \frac{\Delta p Q \eta_{Mex}}{n}.$$

У системі СІ

$$N = Q \Delta p \quad [Вт] \quad M = \frac{\Delta p Q}{\omega} \quad [Нм]$$

де ω - кутова швидкість, $c^{-1} Q$ - витрата, m^3/c ; Δp - перепад тиску, МПа.

Питання для самоконтролю до лекції № 9.

1. Що називається приводом?
2. Що називається об'ємним насосом ?
3. Що називається об'ємною гідропередачею ?
4. Що називається гідроапаратурою?
5. Яка енергія використовується в об'ємних гідроприводах?
7. Які переваги і недоліки гідроприводу?
8. Що називається об'ємним гідромотором?
9. Що називається гідроциліндром?
10. Які ви знаєте гідролінії ?
11. Дайте класифікацію об'ємних гідромашин.