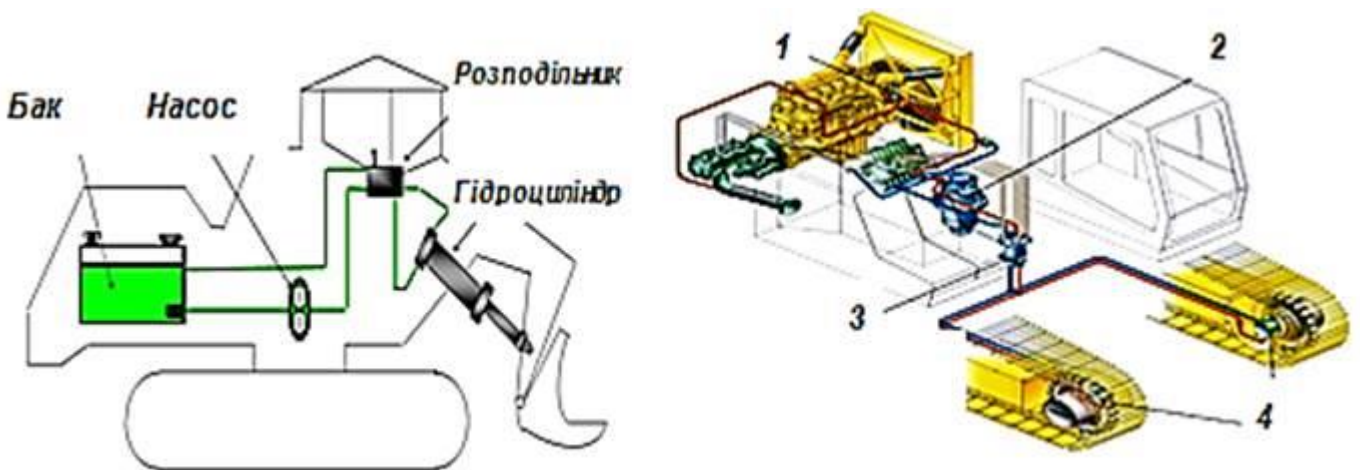


Основні відомості про гідропривод

- 2.1. Поняття гідропривод.
- 2.2. Класифікація гідроприводів.
- 2.3. Переваги, недоліки та застосування гідроприводів.
- 2.4. Терміни і визначення основних гідропристроїв об'ємного гідроприводу.
- 2.5. Аналогія об'ємної гідропередачі з механічною, пневматичною та електричною.
- 2.6. Принцип дії динамічних і об'ємних гідромашин та їх класифікація.

2.1. Поняття гідропривод

Будь-яка дорожньо-будівельна, землерийна чи меліоративна машина має робочі (виконуючі) органи та їх привод. Структурна схема приводу включає двигун і передачу (трансмісію) до виконуючого органу. Передача енергії від двигуна може бути механічною, електричною, пневматичною та гідравлічною (рис. 2.1). У кожній передачі своє робоче тіло: в механічній — пас, ланцюг, шестерні; в електричній — електричний струм; у пневматичній — повітря (газ); у гідравлічній — робоча рідина (олива).



**Рис. 2.1 – Передача енергії до виконавчих механізмів за допомогою рідини:
1 – насос; 2 – гідродвигун приводу поворотної платформи;
3 – розподільчий механізм; 4 – гідродвигун ходу**

Віддати перевагу тому чи іншому приводу машин однозначно не можна. Тут потрібно враховувати вимоги, поставлені перед виконуючим органом, надійність і вартість елементів приводу, властивості робочого тіла, потужність двигуна та ін.

Гідропривод (рис. 2.2) – це сукупність гідропристроїв (гідромашин, гідроапаратів, гідропосудин і гідропроводів), призначених для передачі механічної енергії від привідного двигуна (дизеля) до виконуючого органу машини (ковша, відвала, вальців та ін.) і перетворення руху (обертального на поступальний та ін.) за допомогою робочої рідини.

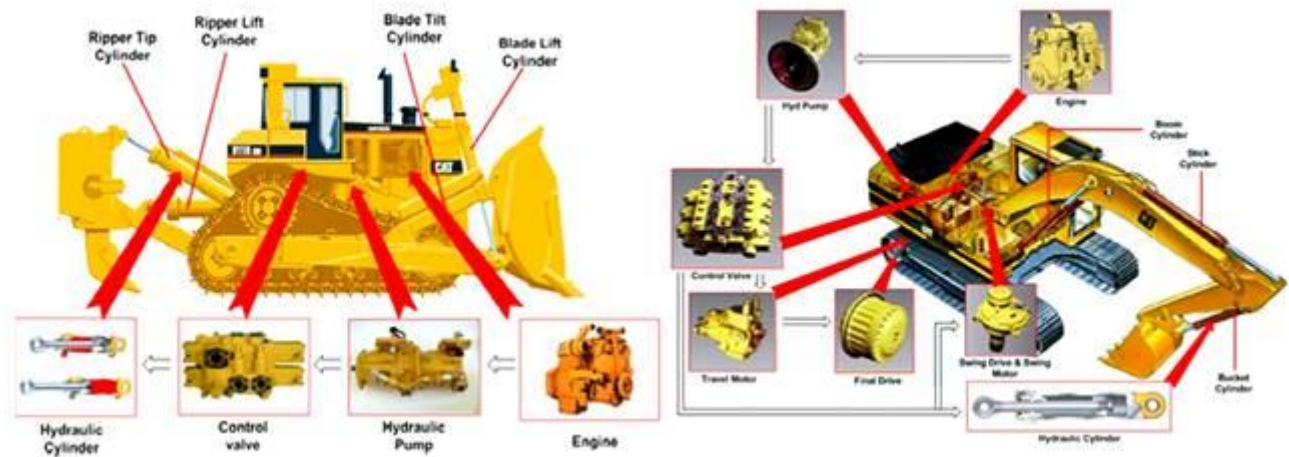


Рис. 2.2 – Застосування гідроприводу в сучасних землерийних машинах Caterpillar

https://www.youtube.com/watch?v=prR_7npa0iM

Гідропривод – це привод, до складу якого входить гідравлічний механізм з одним чи більше об'ємними гідродвигунами, призначений для передавання, керування та розподілення енергії робочою рідиною під тиском. Гідропривід, що складається з гідравлічної апаратури та гідроліній, використовується для приведення в дію робочих органів машин та механізмів за допомогою потенціальної енергії рідини, що перебуває під тиском. При цьому енергія передається за допомогою переміщення окремих об'ємів рідини.

Гідропривод є свого роду «гідравлічною вставкою» між приводним двигуном і навантаженням (машиною або механізмом) та виконує ті ж функції, що і механічні передачі (редуктор, пасова передача, кривошипний механізм тощо).

Базовими елементами гідроприводу є гідромашини (енергоперетворювачі): насос і гідравлічний двигун. Насос є джерелом гідравлічної енергії, а гідродвигун — її споживачем, тобто перетворює гідравлічну енергію в механічну.

Управління рухом вихідних ланок гідродвигунів здійснюється або за допомогою регульовальної гідроапаратури: дроселів, гідророзподільників, клапанів тощо, або шляхом регулювання самого гідродвигуна та/чи насоса.

Також, обов'язковою складовою частиною гідроприводу є гідролінії – жорсткі та гнучкі трубопроводи якими рідина під тиском переміщається у гідросистемі.

Для підтримання роботи гідроприводу у переважній більшості гідросистем встановлюється допоміжна апаратура: масляні фільтри, системи охолодження, гідроаккумулятори, гідробаки та ін.

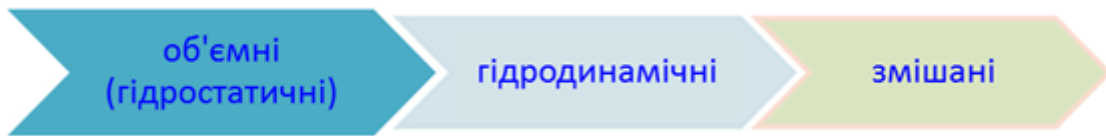
Гідросистема – це сукупність гідропристроїв, що входять до складу об'ємного гідроприводу.

Для контролю за роботою гідроприводу використовують контрольно-вимірвальні прилади: манометри, витратоміри, термометри тощо.

<https://www.youtube.com/watch?v=W2t6etPOP-E>

2.2. Класифікація гідроприводів

За принципом роботи гідроприводи поділяють на:



У об'ємних гідроприводах використовується потенційна енергія тиску робочої рідини

Основою об'ємного гідроприводу є **об'ємна гідропередача** – частина насосного гідроприводу, призначена для передачі руху від привідного двигуна до виконуючого органу машини.

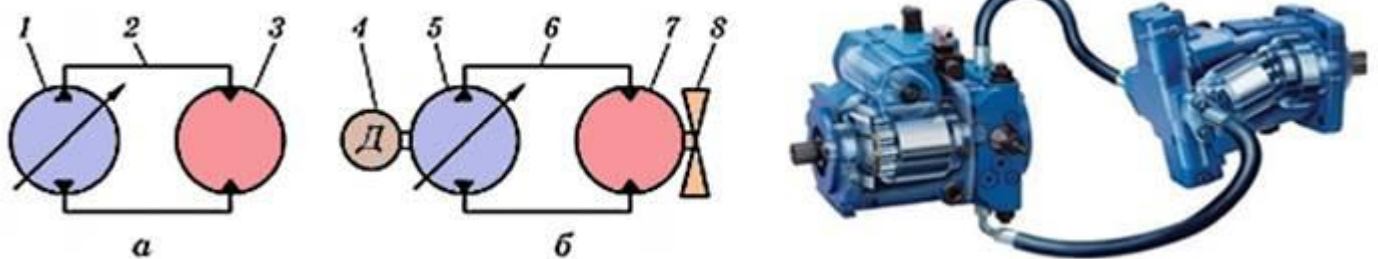


Рис. 2.3 – Схема об'ємної гідропередачі *a* і об'ємного гідроприводу *б*.
 1,5 – регульований реверсивний насос; 2,6 – гідролінії; 3, 7 – реверсивний гідродвигун;
 4 – двигун приводу насоса; 8 – виконавчий механізм (робочий орган)

<https://www.youtube.com/watch?v=xho-X1Jx6s>

У гідродинамічних приводах використовується в основному кінетична енергія потоку рідини



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 машини).

<https://www.youtube.com/watch?v=8gSyu4-L4w>

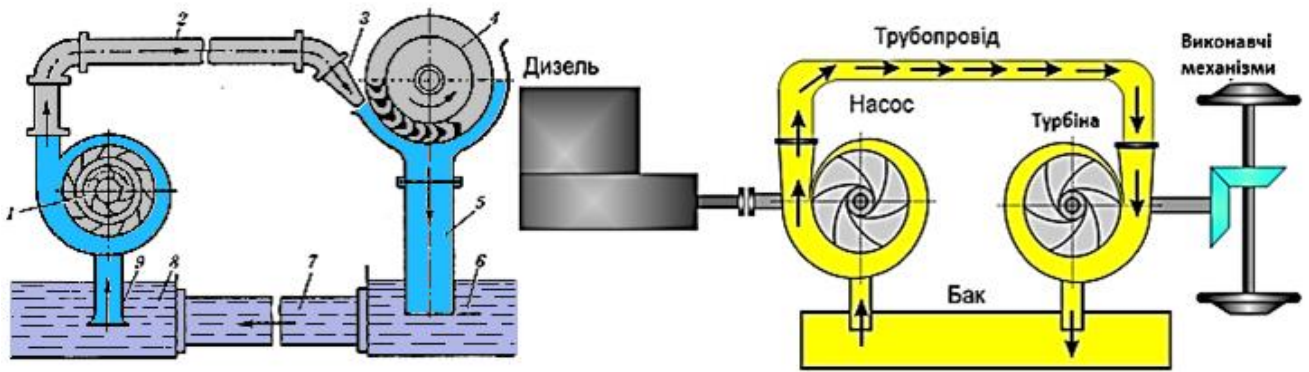


Рис. 2.4 – Схема гідродинамічної передачі та її використання в приводах машин:
 1 – насос; 2, 5, 7 і 9 – трубопроводи; 3 – спрямовуючий апарат; 4 – гідротурбіна; 6 і 8 – баки

У змішаних гідроприводах поєднуються властивості перших двох видів.

За характером руху вихідної ланки гідродвигуна гідравлічні приводи поділяються на:

- гідроприводи обертального руху (гідродвигуном служить гідромотор);
- гідроприводи поступального руху (гідродвигуном служить у переважній більшості гідроциліндр);
- гідроприводи поворотного руху (гідродвигуном служить поворотний гідродвигун).

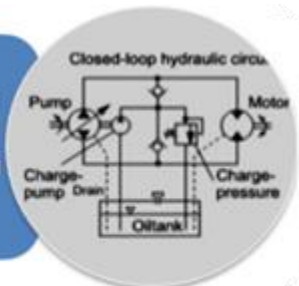


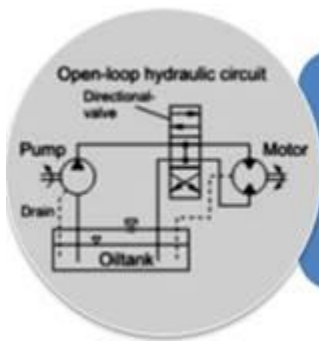
Рис. 2.5 – Гідродвигуни обертального поступального і поворотного руху:
 а – гідромотори; б – гідроциліндри; в – поворотні гідродвигуни

За схемою циркуляції рідини у приводі:

- гідропривод із замкнутою схемою циркуляції, у якому робоча рідина від гідродвигуна одразу повертається у всмоктуючу гідролінію насоса;
- гідропривод з розімкненою системою циркуляції, у якому робоча рідина знаходиться у гідробаку і постійно контактує з атмосферою.

Гідропривод із замкнутою циркуляцією робочої рідини компактний, має невелику масу і допускає велику частоту обертання ротора насоса без небезпеки виникнення кавітації, оскільки в такій системі у всмоктуючій лінії тиск завжди вищий за атмосферний. До недоліків слід віднести погані умови для охолодження робочої рідини, а також необхідність зливу робочої рідини та заповнення гідросистеми при заміні або ремонті гідроапаратури.





Переваги розімкненої схеми — хороші умови для охолодження і очищення робочої рідини. Проте такі гідроприводи громіздкі і мають велику масу, а частота обертання ротора насоса обмежується швидкостями руху робочої рідини, що допускаються (з умов безкавітаційної роботи насоса), у всмоктуючому трубопроводі.

За **можливостями і видом регулювання** гідропривод може бути нерегульованим і регульованим, останній у свою чергу буває:

- об'ємного регулювання;
- дросельного регулювання;
- комбінованого регулювання.

Дросельне регулювання: даний спосіб базується на відводі частини рідини у спеціальний канал (регульований дросель), для того щоб рідина не виконувала корисної роботи.

Об'ємне регулювання: в основі даного способу лежить розширення робочого об'єму насоса або гідродвигуна.

Комбіноване регулювання: на відміну від дросельного регулювання тиск підтримується за рахунок зміни подачі регульованого насоса, а не зливання робочої рідини.

За **задачами регулювання** гідроприводи бувають:

- стабілізаційні;
- слідкувальної дії;
- програмного керування.

2.3. Переваги, недоліки та застосування гідроприводів

Переваги гідроприводів

Значне поширення гідроприводів у різних галузях зумовлюється низкою істотних переваг, до яких у першу чергу належать:

- можливість одержання великих сил та обертальних моментів при порівняно малих розмірах та масі гідродвигунів;
- передача великих потужностей при малій масі гідроприводу;
- плавність рухів вихідних ланок;
- можливість безступінчастого регулювання швидкості у широкому діапазоні;
- мала інерційність;
- простота керування та автоматизації;
- висока експлуатаційна надійність та стійкість до перевантажень;
- простота реалізації основних видів рухів: обертального, зворотно-поступального і зворотно-поворотного.

Недоліки гідроприводів

При незаперечних високих якостях гідравлічного приводу слід відзначити і властиві йому недоліки:

- гідроприводи поступаються електричним у відстані транспортування енергії від джерела до споживача та швидкості передачі командних сигналів;
- у гідроприводах актуальним є питанням забезпечення герметичності порожнин, що знаходяться під тиском;
- чутливість до в'язкості робочої рідини, котра у свою чергу залежить від температури;
- нижчий к.к.д. у порівнянні з механічними передачами у приводах.

Застосування гідроприводів

Гідропривод застосовується на транспортних, сільськогосподарських, дорожньо-будівельних, меліоративних, вантажо-підйомних, кар'єрних та інших машинах, в нафтовидобувному обладнанні (гідропоршневі глибинні насосні установки, гідрокачалки, бурові установки тощо), гірничому машинобудуванні (прохідницькі та вугільні комбайни, щити для прокладання тунелів, механізоване кріплення гірничих лав та ін.).

Верстатобудівна галузь належить до тих галузей, де гідравлічні приводи використовуються традиційно, а саме: у металорізальних верстатах та ковальсько-пресовому обладнанні гідропривод використовується для здійснення як головних, так і допоміжних рухів і приводу робочих органів технологічних машин та роботів-маніпуляторів, затискних, фіксуєчих, транспортних пристроїв.

https://www.youtube.com/watch?v=J_wSYVFXw38

2.4. Терміни і визначення основних гідропристроїв об'ємного гідроприводу

Об'ємні гідромашини — це об'ємні насоси і гідродвигуни.

Об'ємні насоси (шестеренні, поршневі, планетарні й ін.) — джерела гідравлічної енергії. Вони перетворюють механічну енергію привідного двигуна (наприклад, дизеля) на потенційну енергію потоку робочої рідини.

Об'ємні гідродвигуни (гідроциліндри, гідромотори та ін.) — споживачі гідравлічної енергії. Вони перетворюють потенціальну енергію потоку робочої рідини на механічну на їх вихідній ланці (шток поршня, вал гідромотора).

Гідроапарати — це гідророзподільники, клапани, дроселі, регулятори тощо. Вони змінюють параметри потоку робочої рідини (тиск, витрату, напрямок руху) або підтримують їх задані значення.

Кондиціонери — підтримують необхідні якісні показники і стан робочої рідини. До кондиціонерів відносять фільтри, охолоджувачі і підігрівачі, сапуни тощо.

Гідропосудини (гідроємності) — забезпечують живлення гідроприводу робочою рідиною (гідробаки) та акумулювання і повернення енергії робочій рідині, що знаходиться під тиском (гідроаккумулятори).

Гідролінії (гідропроводи) — металеві трубопроводи, рукави, канали для всмоктування, нагнітання, зливу та дренажу робочої рідини.

2.5. Аналогія об'ємної гідропередачі з механічною, пневматичною та електричною

Механізм передачі енергії в об'ємній гідропередачі можна порівняти з кульковою механічною передачею.

Ведуча зірочка 1 (рис. 2.6), обертаючись, своїми зубцями виштовхує кульки 3 в кулькопровід 2. Кульки, натискаючи одна на одну, потрапляють у впадини веденої зірочки 4 і провертають її. Витиснені кульки спрямовуються до впадин ведучої зірочки. Така передача працюватиме надійно, якщо кульки (робоче тіло) не деформуються і зазор між ними практично відсутній.

Якщо кількість зубців ведучої і веденої зірочок однакова, то частота їх обертання також буде однаковою. При збільшенні числа зубців ведучої зірочки, наприклад, вдвічі частота обертання веденої зірочки також збільшиться вдвічі.

Аналогічний механізм передачі енергії і в об'ємній гідропередачі із замкнутою циркуляцією рідини. Рідина, що нагнітається насосом по гідролінії в гідродвигун, завдяки тиску приводить в обертальний рух робочий комплект гідромотора. Останній витісняє рідину в насос.

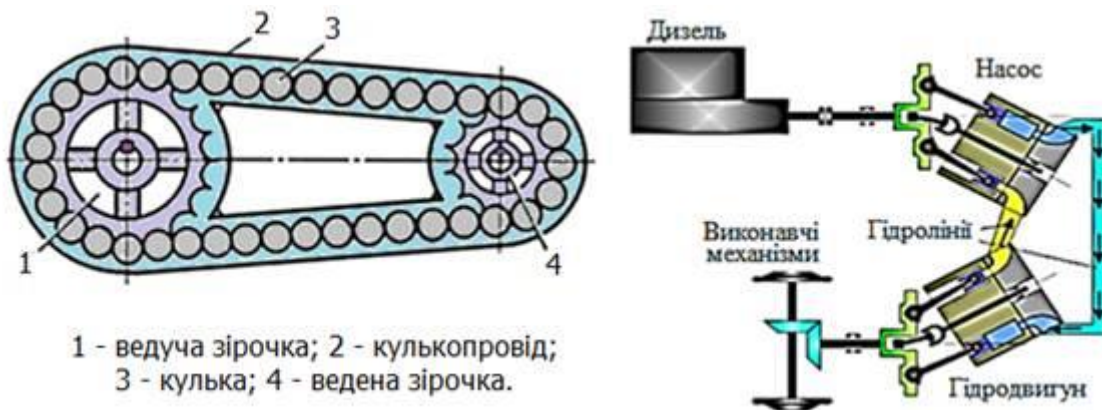


Рис. 2.6 – Схема кулькової та об'ємної гідропередачі із замкнутою циркуляцією рідини

<https://www.youtube.com/watch?v=qxZFSNITK-c>

В гідропередачі робочим тілом є рідина, від якості якої залежить надійність роботи. Наприклад, якщо в систему потрапить повітря, то гідропередача працюватиме нестабільно або й зовсім не працюватиме (так само, як і в кульковій передачі одна кулька буде гумова).

Якщо робочі об'єми насоса і гідромотора будуть однакові, то передатне число дорівнюватиме одиниці і частота обертання валів цих гідромашин буде однаковою (при відсутності втрат рідини). Коли виникає потреба збільшити частоту обертання вала гідромотора, наприклад, в два рази, то треба підібрати насос, робочий об'єм якого був би вдвічі більшим за робочий об'єм гідромотора.

Механізм передачі енергії в пневматичній і електричній передачах також аналогічний об'ємній гідропередачі, наприклад, компресор — ресивер — пневмогідроциліндр гальм; електрогенератор — електродвигун. Відмінність у цих передачах — робоче тіло (рідина, повітря, електричний струм).

Порівняння силових характеристик гідروпередач та електропередач показує аналогію між тиском рідини і напругою струму, а також між витратою рідини і силою струму. Це дає можливість описати різні за своєю природою передачі одними і тими ж за структурою рівняннями руху.

<https://www.youtube.com/watch?v=CAagDnHtCRE>

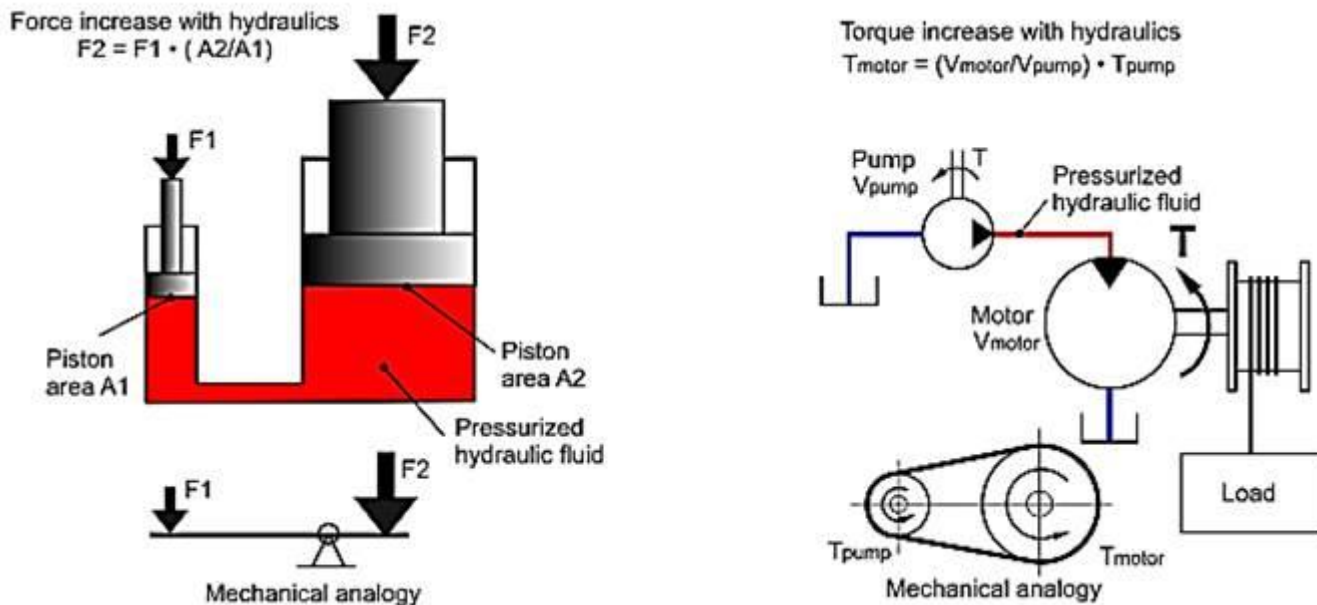


Рис. 2.7 – Аналогії функцій гідравлічних та механічних приводів

ДО УВАГИ!

Принцип дії об'ємного гідроприводу ґрунтується на високому модулі пружності (незначному стисканні) робочої рідини і на законі Паскаля.

Тиск та витрата рідини є головними параметрами, що характеризують роботу гідроприводу.

Таблиця 2.1

Одиниці вимірювання тиску

	Паскаль	Бар (bar, бар)	Н/мм ²	кгс/м ²	Технічна атмосфера (at, ат)	Фізична атмосфера (atm, атм)	Міліметр ртутного стовпа (mmHg, мм рт.ст., torr, торр)	Фунт-сила на квадратний дюйм (psi)
1 Па (Н/м ²) =	1	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	0,102	0,102·10 ⁻⁴	0,987·10 ⁻⁵	0,0075	145,038·10 ⁻⁶
1 бар =	100000	1	0,1	10197	1,02	0,987	750	14,5038
1 Н/мм ² =	10 ⁶	10	1	1,02·10 ⁵	10,2	9,87	7500	145,038
1 кгс/м ² =	9,81	9,81·10 ⁻⁵	9,81·10 ⁻⁶	1	10 ⁻⁴	0,968·10 ⁻⁴	0,0736	14,223·10 ⁻⁴
1 технічна атмосфера = 1 кгс/см ² =	98100	0,981	0,0981	10000	1	0,968	736	14,223
1 фізична атмосфера = (760 торр) =	101325	1,013	0,1013	10330	1,033	1	760	14,696
1 торр = 1 мм рт.ст. =	133	0,00133	1,33·10 ⁻⁴	13,6	0,00132	0,00132	1	19,3367·10 ⁻³
1 psi	6894,76	68,9476·10 ⁻³	68,9476·10 ⁻⁴	702,99	70,307·10 ⁻³	68,046·10 ⁻³	51,7151	1

За одиницю витрати в Міжнародній системі прийнято м³/с. Разом з тим застосовують позасистемну одиницю – літр за хвилину (л/хв). При цьому 1 м³/с = 60 000 л/хв.

За одиницю потужності прийнято кіловат (кВт)

$$N = \frac{QP}{61,2}, \quad (\text{кВт}) \quad (2.1)$$

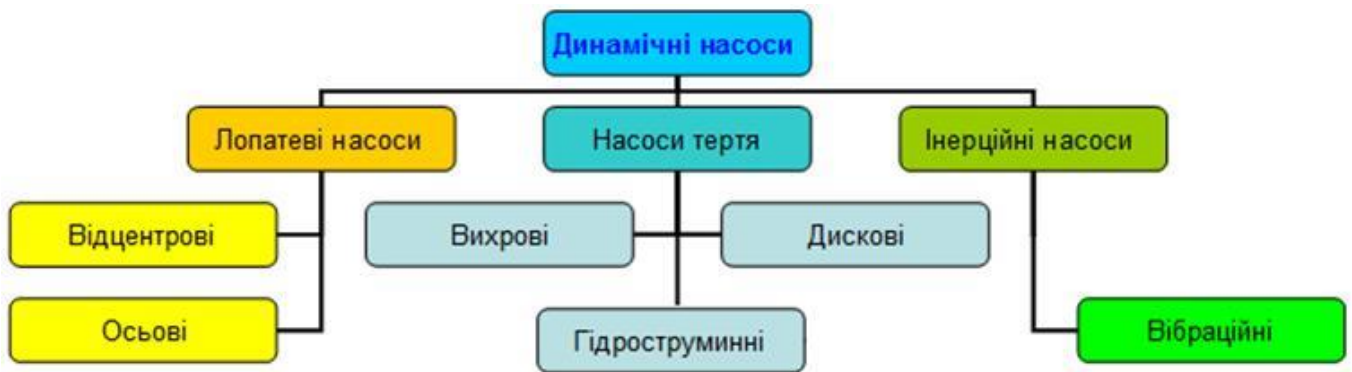
де Q - витрата рідини, л/хв;
 P - тиск рідини, МПа.

У літературі зустрічається одиниця вимірювання потужності – кінська сила (к.с.)
1 к.с. = 0,736 кВт, 1 кВт = 1,36 к.с.

2.6. Принцип дії динамічних і об'ємних гідромашин та їх класифікація

Усі насоси за принципом дії та за конструктивними особливостями поділяються на динамічні та об'ємні.

Динамічні насоси — це насоси, в яких рідина під впливом гідродинамічних сил переміщається в камері, що постійно сполучена з вхідним і вихідним патрубками насоса.



Лопатевими насоси називають тому, що основним елементом цих насосів є робоче колесо з закріпленими на ньому лопатями. Принцип дії лопатних насосів заснований на силевій взаємодії лопаті з обтікаючим її потоком рідини. В залежності від форми робочих коліс і характеру протікання в них рідини лопатеві насоси в свою чергу підрозділяються на відцентрові та осьові.

Найбільше поширені із динамічних гідромашин є **відцентрові лопатеві насоси**. Відцентрові насоси призначені для транспортування рідин шляхом перетворення кінетичної енергії обертання в гідродинамічну енергію потоку рідини. Обертальна енергія, як правило, передається від двигуна або електродвигуна.

<https://www.youtube.com/watch?v=yGdgfcIq1Ro>

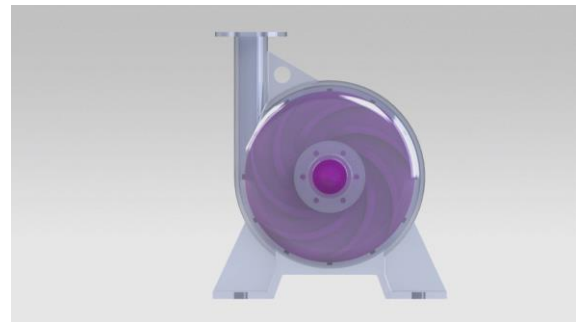
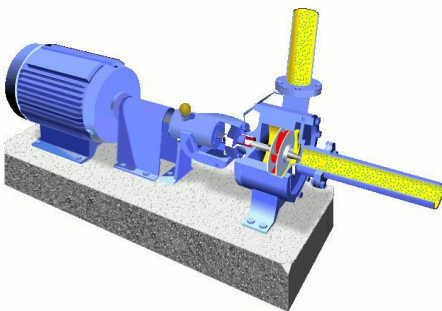


Схема відцентрового лопатевого насоса показана на рис. 2.8. Головною частиною насоса є робоче колесо 2, яке складається з фасонних дисків „а” і „б”, з’єднаних між собою профільованими лопатками „в”. Диски і лопатки утворюють проточну камеру насоса. Рідина з усмоктувального патрубку 1 надходить в центральну частину робочого колеса 2. Під дією відцентрових сил, що виникають в результаті силової дії лопаток колеса на рідину, вона переміщується в міжлопатевих каналах від центра до периферії і потрапляє в спіральний відвід 3, з якого подається в напірний патрубок 4 і далі в напірний трубопровід. Спіральний відвід призначений не тільки для уловлювання рідини, що виходить з робочого колеса, але і для часткового перетворення її кінетичної енергії в потенціальну енергію тиску.

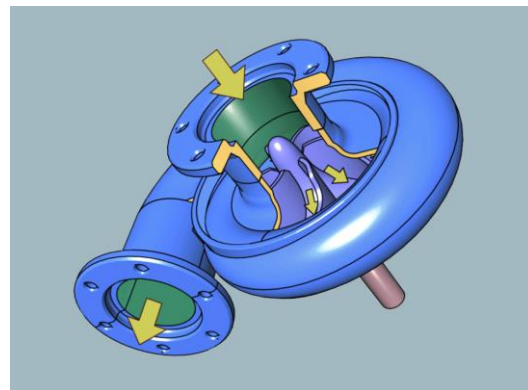
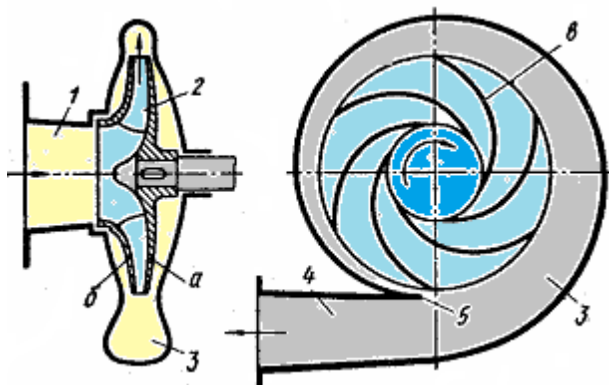


Рис. 2.8 – Схема відцентрового насоса консольного типу:
1 – підвід рідини; 2 – робоче колесо (а – ведучий диск, б – ведений диск, в – лопатки колеса);
3 – спіральний відвід; 4 – напірний патрубок; 5 – кромка спірального відводу

<https://www.youtube.com/watch?v=EmNyPOMqF9g>

За кількістю ступенів відцентрові насоси бувають **одноступеневі** та **багатоступеневі**, а за тиском – **нормального тиску**, **високого тиску** і **комбіновані**.

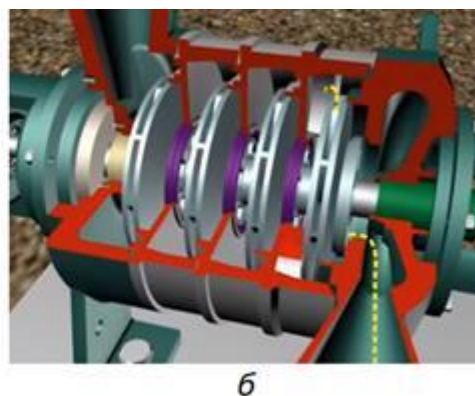
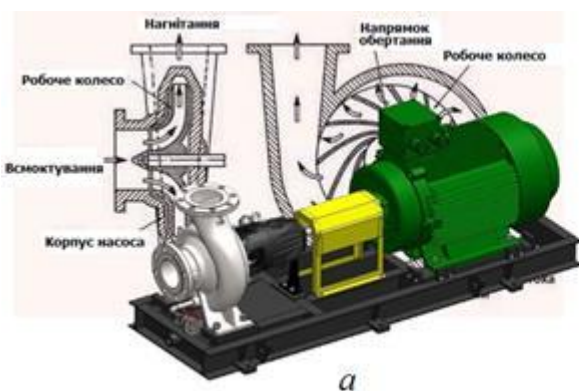
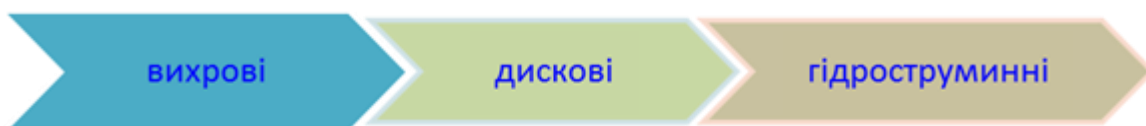


Рис. 2.9 – Відцентрові насоси: а – одноступеневий, б – багатоступеневий

<https://www.youtube.com/watch?v=7q4fv0Bk0Y4>

**У насосах тертя рідина переміщується за рахунок сил тертя.
 До насосів цього типу відносяться:**



У насосах тертя рідина переміщується за рахунок сил тертя. До насосів цього типу відносяться: **вихрові**, **дискові** та **гідроструминні**.



Рис. 2.10 – Насоси тертя: *а* – вихровий, *б* – дисковий; *в* – гідроструминний

Робота **інерційних (вібраційних) насосів** базується на збудженні в рідині коливань, що сприяють її руху. Конструкція всіх вібраційних насосів є однотипною. Насос складається з електромагніту, вібратора, поміщених в корпус.



Рис. 2.11 – Вібраційний насос

Об'ємні гідромашини перетворюють механічну енергію на потенціальну енергію стисненої рідини (або навпаки) в процесі поперемінного заповнення рідиною камер і витиснення її із цих камер.

За призначенням об'ємні гідромашини поділяють на об'ємні насоси, гідродвигуни та насоси-мотори.

Об'ємні насоси і гідромотори поділяють за такими ознаками:

За принципом дії:

- **нерегульовані** (з постійним робочим об'ємом);
- **регульовані**;
- **реверсивні і нереверсивні** – з одним і двома напрямками потоку робочої рідини.

За конструкцією:

- **одно-, дво- і багаторазової дії** (залежить від кількості циклів за один оберт вала);
- **шестеренні, пластинчасті, гвинтові, поршневі (радіально-поршневі, аксіально-поршневі, рядні), планетарні.**

Класифікують насоси і гідромотори за схемами А або Б (рис. 2.12).

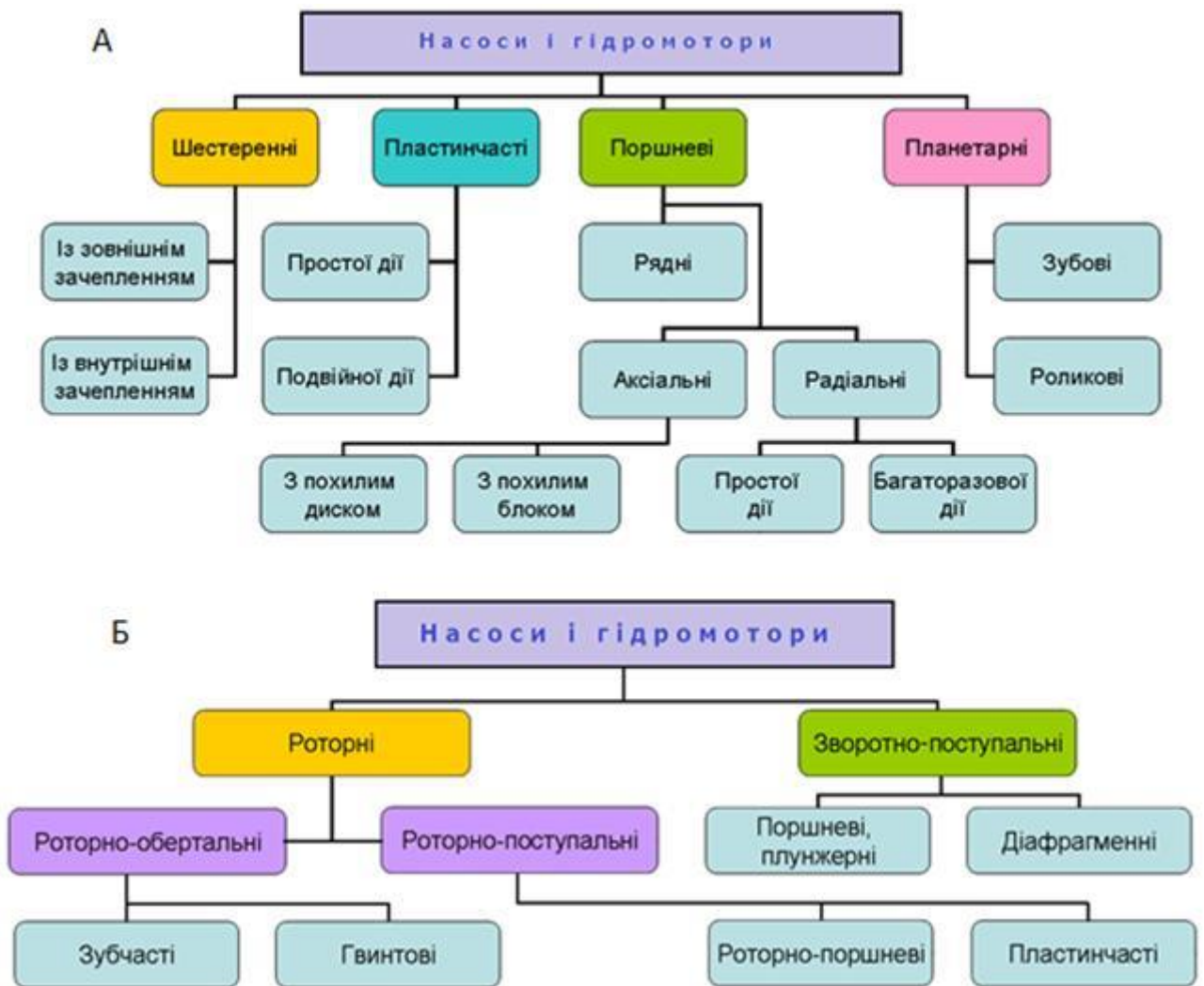


Рис. 2.12 – Класифікація насосів і гідромоторів.

Питання для самоперевірки:

1. Що розуміють під поняттям «гідропривод»?
2. Чим відрізняється об'ємна гідروпередача від об'ємного гідроприводу?
3. В чому полягає аналогія об'ємної гідропередачі з механічною, пневматичною та електричною?
4. Вкажіть класифікацію гідроприводів.
5. Назвіть переваги і недоліки гідроприводу.
6. Назвіть одиниці вимірювання тиску, подачі (витрати) та потужності об'ємного гідроприводу.
7. Вкажіть класифікацію динамічних насосів.
8. Вкажіть класифікацію об'ємних насосів і гідромоторів.