

ЯНІШЕВСЬКИЙ В. Ю.

Вінницький національний аграрний університет

<https://orcid.org/0000-0003-4467-6654>e-mail: vasyl.yuriovych@gmail.com

ОСНОВНІ ПРИНЦИПИ ДІЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ОБ'ЄМНОГО ГІДРОПРИВОДА

У статті розглядаються основні принципи дії об'ємного гідропривода, які значення та показники на них впливають. Проаналізувати основні принципи та визначити цілі, які стосуються основних відомостей про гідрооб'ємні приводи, пристрої та принцип дії гідромеханізмів і гідроапаратів, складання принципів гідравлічних схем, послідовності розрахунку гідроприводу та вибору гідроелементів. Після проведеного аналізу визначаються енергетичні можливості гідроприводу, які характеризуються його потужністю.

Ключові слова: гідравлічний привід, технічна діагностика, експертна оцінка, енергетичні можливості, баланс, потужність, передаточне відношення.

Vasyl YANISHEVSKYY

Vinnytsia National Agrarian University

BASIC PRINCIPLES OF OPERATION AND ENERGY BALANCE OF VOLUME HYDRAULIC DRIVE

Scientific and technological progress in mechanical engineering is inextricably linked with the development and creation of new, more productive, more efficient equipment and the improvement of the designs of existing machines and equipment. The technical level of machines is largely determined by the perfection of the power flow drive to their working bodies. In this case, an important role is given to drives, in which the energy carrier is liquid. Such drives are called hydraulic or hydraulic drives. The use of hydraulic drives allows you to create progressive designs of machines, expand the possibilities of mechanization and automation of technological processes, to facilitate the working conditions of operators, to improve the culture of material production.

Currently, hydraulic actuators are successfully used in almost all areas of industrial production, including in the construction, road, and municipal engineering industries. Small overall dimensions and weight with a significant generated power, high overload capacity in terms of power and torque, the ability to provide sufficiently large gear ratios and stepless speed control of the output link, easy reversibility, which ensures high speed and accuracy of processing control actions, the availability of automation - these are the main advantages of the hydraulic drive, which predetermine its wide application in the construction of transport and technological machines.

The article defines the basic principles of the volumetric hydraulic drive, what values and indicators affect them. A goal has been defined regarding basic information about hydrostatic drives, devices and the principle of operation of hydraulic mechanisms and hydraulic devices, drawing up hydraulic circuit diagrams, the sequence of calculating a hydraulic drive and choosing hydraulic elements. The energy capabilities of the hydraulic drive, characterized by its power, are also determined.

Keywords: hydraulic drive, technical diagnostics, expert assessment, energy capabilities, balance, power, gear ratio.

Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Гідравлічні приводи виникли досить давно, але інтенсивно стали розвиватися лише у ХХ ст. Сучасну історію свого розвитку гідропривід веде з корабельних механізмів, зокрема з механізмів кермового управління та повороту гарматних веж. Потім гідропривід знайшов застосування в металорізальних верстатах, авіаційній техніці тощо [1].

В даний час гідроприводи успішно використовуються практично у всіх сферах промислового виробництва, у тому числі у галузі будівельного, дорожнього, комунального машинобудування.

Малі габаритні розміри і маса при значній потужності, що виробляється, велика перевантажувальна здатність по потужності і моменту, можливість забезпечення досить великих передавальних чисел і безступінчастого регулювання швидкості вихідної ланки, легка реверсивність, що забезпечує високу швидкодію і точність відпрацювання керуючих впливів, доступність автоматизації – це ті основні переваги гідравлічного приводу, які визначають його широке застосування в конструкціях транспортних та технологічних машин [2].

До суттєвих недоліків гідроприводу в порівнянні з механічним та електроприводами слід віднести менше значення коефіцієнта корисної дії (0,6-0,8), залежність характеристик гідроприводу від параметрів робочого тіла – рідини, можливість зовнішніх та внутрішніх витоків робочої рідини, вищі вимоги до точності виготовлення деталей та складання гідроагрегатів, досить жорсткі вимоги до культури технічного обслуговування та ремонту.

Виклад основного матеріалу

Принцип дії об'ємного гідроприводу ґрунтується на високому значенні об'ємного модуля пружності рідини та на законі Паскаля. Для пояснення принципу дії та з'ясування основних залежностей гідроприводу розглянемо схему на рис. 1. Схема включає дві гідравлічні машини у вигляді герметичних циліндрів 1 і 2, послідовно з'єднаних гідролінією 3.

Циліндр 1 є насосом (вхідною ланкою), циліндр 2 – гідродвигуном (вихідною ланкою). Поршень першого циліндра навантажений силою T_1 , поршень другого – зовнішнім навантаженням T_2 .

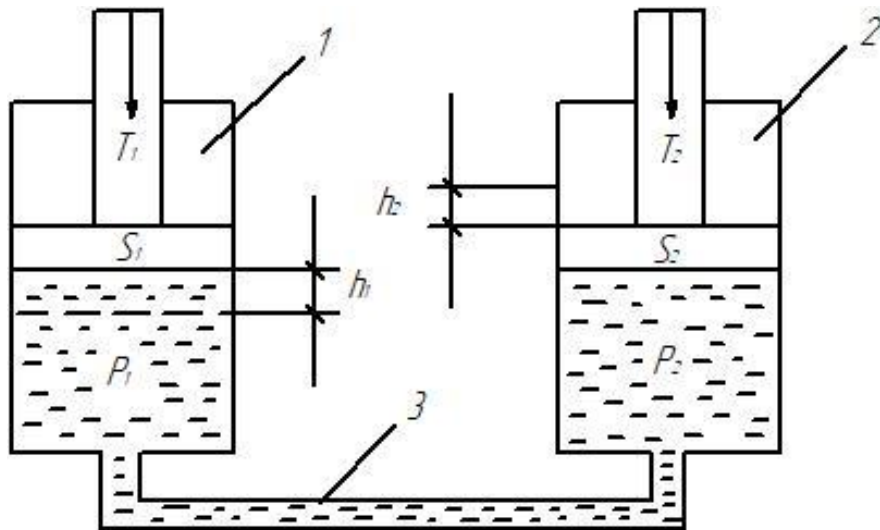


Рис. 1. Принципова схема об'ємного гідроприводу

При переміщенні поршня циліндра 1 вниз рідина з нього витісняється в циліндр 2, приводячи поршень в рух. У гідроциліндрах та гідролінії встановиться гідростатичний тиск, величина якого без урахування втрат буде рівна:

$$P_1 = \frac{T_1}{S_1} = \frac{T_2}{S_2} = P_2 = P, \tag{1}$$

де S_1 і S_2 – площі першого та другого циліндрів відповідно.

Отже, тиск у гідроприводі визначається навантаженням, а сила, що розвивається на поршні циліндра 2 надає руху гідродвигуна, долаючи навантаження і здійснюючи корисну роботу. За відсутності навантаження на гідродвигун тиск дорівнює нулю [3].

$$T_2 = P \cdot S_2 \tag{2}$$

На підставі (1) можна записати:

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{S_2}{S_1} = i_c, \tag{3}$$

де i_c – силове передавальне відношення гідроприводу.

У разі повної герметичності циліндрів і трубопроводу, що з'єднує їх, нестисливості рідини, відсутності деформації циліндрів справедлива рівність:

$$h_1 S_1 = h_2 S_2 \tag{4}$$

де h_1 і h_2 – переміщення поршнів циліндрів 1 та 2 відповідно.

Вважаючи, що переміщення поршнів відбувається рівномірно за час t , отримаємо:

$$\frac{h_1 \Delta S_1}{t} = \frac{h_2 \Delta S_2}{t} \text{ чи } \mathcal{Q}_1 S_1 = \mathcal{Q}_2 S_2 \tag{5}$$

Звідси:

$$\frac{\mathcal{Q}_2}{\mathcal{Q}_1} = \frac{S_1}{S_2} = i_k \tag{6}$$

де i_k – кінематичне передавальне число гідроприводу.

На підставі (5) швидкість вихідної ланки гідроприводу дорівнюватиме [4]:

$$\mathcal{Q}_2 = \frac{\mathcal{Q}_1 S_1}{S_2} = \frac{Q_1}{S_2} = \frac{Q_2}{S_2} \tag{7}$$

де Q_1 – подача насоса, Q_2 – витрати гідродвигуна.

З отриманих залежностей випливає, що витрата рідини забезпечує швидкісні показники приводу, а тиск – силові.

Енергетичні можливості гідроприводу характеризуються його потужністю. Потужність на вході та виході гідроприводу, згідно з рис. 1 визначається з виразів:

$$N_{ex} = T_1 \Delta \mathcal{Q}_1 = P_1 \Delta S_1 \Delta \mathcal{Q}_1 = P_1 \Delta Q_1, \quad (8)$$

$$N_{вих} = T_2 \Delta \mathcal{Q}_2 = P_2 \Delta S_2 \Delta \mathcal{Q}_2 = P_2 \Delta Q_2.$$

Тоді баланс потужності у приводі можна подати у вигляді:

$$N_{ex} = N_{вих} + \Delta N \quad (9)$$

де ΔN – втрати потужності в гідроприводі.

Втрати потужності в гідроприводі складаються з об'ємних ΔN_0 , механічних ΔN_M і гідравлічних втрат ΔN_G :

$$\Delta N = \Delta N_0 + \Delta N_M + \Delta N_G. \quad (10)$$

Потужність об'ємних втрат дорівнює:

$$\Delta N_0 = P \cdot \Delta Q,$$

де ΔQ – витрата зовнішніх та внутрішніх витоків рідини в елементах гідроприводу, що впливає на об'ємний ККД:

$$\eta_0 = \frac{Q_{вих}}{Q_{ex}} = \frac{Q_{ex} - \Delta Q}{Q_{ex}} = 1 - \frac{\Delta Q}{Q_{ex}}, \quad (11)$$

де Q_{ex} – витрата рідини, що надходить у гідропривод; $Q_{вих}$ – витрата рідини, що спрямовується на злив.

Об'ємні втрати проявляються у зниженні швидкісних параметрів гідроприводу. Так, якщо позначити теоретичну швидкість вихідної ланки гідроприводу через \mathcal{Q}_T , то його дійсна швидкість дорівнюватиме [5]:

$$\mathcal{Q}_d = \mathcal{Q}_T \Delta \eta_0. \quad (12)$$

Потужність механічних втрат визначають за формулою:

$$\Delta N_M = \mathcal{Q} \cdot \Delta T, \quad (13)$$

де ΔT – зусилля в гідроприводі, що визначають механічний ККД гідроприводу.

$$\eta_M = \frac{N_{ex} - \Delta N_M}{N_{ex}} = 1 - \frac{\Delta N_M}{N_{ex}}. \quad (14)$$

Механічні втрати призводять до зниження силових параметрів гідроприводу, так як дійсне значення зусилля на вихідній ланці гідроприводу T_d завжди менше теоретичного значення T_m на величину втрат на тертя, тому:

$$T_d = T_m \Delta \eta_M \quad (15)$$

Основним джерелом гідравлічних втрат у гідроприводі є розгалужена гідромережа. Потужність гідравлічних втрат визначають за виразом [6]:

$$\Delta N_G = Q \sum P_n, \quad (16)$$

де $\sum P_n$ – сумарні втрати тиску в гідромережі, які визначають значення гідравлічного ККД гідропривода:

$$\eta_G = \frac{P_{НОМ} - \sum P_n}{P_{НОМ}}, \quad (17)$$

де $P_{НОМ}$ – номінальний тиск рідини в гідроциліндрі.

Загальний ККД гідропривода буде дорівнювати:

$$\eta = \eta_0 \Delta \eta_M \Delta \eta_G = \frac{N_{вих}}{N_{ex}} = 1 - \frac{\Delta N}{N_{ex}} \quad (18)$$

звідси випливає:

$$N_{вих} = \eta N_{ex}, \quad N_{ex} = \frac{1}{\eta} N_{вих}. \quad (19)$$

Тоді потужність приводного двигуна гідроприводу визначиться з виразу:

$$N_{пр} = \frac{1}{\eta_{II}} N_{ex}, \quad (20)$$

де η_{II} – ККД передачі між приводним двигуном та гідронасосом.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У статті розглянуті основні принципи дії об'ємного гідропривода, які значення та показники на них впливають. Визначені цілі, які стосується основних відомостей про гідрооб'ємні приводи, пристрої та принцип дії гідромеханізмів і гідроапаратів, складання принципових гідравлічних схем, послідовності розрахунку гідроприводу та вибору гідроелементів. Після проведеного аналізу визначено енергетичні можливості гідроприводу, які характеризуються його потужністю.

Література

1. Захарова Н.С. Гидравлика, гидравлические машины и основы гидропривода : навч. посібник / Захарова Н.С. – Череповец : Вид-во ЧГУ, 2004. – 215 с.
2. Бутовский М.Е. Технические жидкости : навч. посібник / Бутовский М.Е. – Рубцовск : Вид-во Рубцовского индустриального ин-та, 2005. – 103 с.
3. Кулінченко В. Р. Гідравліка, гідравлічні машини і гідропривод : підручник / Кулінченко В. Р. – К. : Фірма «Інкос», Центр навчальної літератури, 2006. – 616 с.
4. 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.
5. Онищенко О.Г. Розрахунок параметрів об'ємного гідроприводу робочих органів розчинозмішувачів типу ашг-4 / О.Г. Онищенко, С.В. Попов, В.В. Вірченко // Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка. – 2010. – С. 23–28.
6. Малаков О.І. Зниження навантаження елементів конструкції моста керованих коліс самохідної косарки шляхом раціональної установки гідроциліндрів / О.І. Малаков, С.А. Бурлака, Р.О. Ярошук // Вєсник Хмельницького національного університету Серія: Технічні науки. – 2018. – № 4 (263). – С. 56–61.

References

1. Zaharova N.S. Gidravlika, gidravlicheskie mashiny i osnovy gidroprivoda : navch. posibnik / Zaharova N.S. – Cherepovec : Vid-vo ChGU, 2004. – 215 s.
2. Butovskiy M.E. Tekhnicheskyye zhydkosty : navch. posibnyk / Butovskiy M.E. – Rubtsovsk : Vyd-vo Rubtsovskoho yndustrialnogo yn-ta, 2005. – 103 s.
3. Kulinchenko V. R. Hidravlika, hidravlichni mashyny i hidropryvod : pidruchnyk / Kulinchenko V. R. – K. : Firma «Inkos», Tsentr navchalnoi literatury, 2006. – 616 s.
4. Hidravlika ta yii vykorystannia v ahropromyslovomu kompleksi / [V.A. Didur, O.D.Savchenko, D.P. Zhuravel, S.I. Movchan]. – K. : Ahrama osvita, 2008. – 577 s.
5. Onyshchenko O.H. Rozrakhunok parametriv obiemnogo hidropryvodu robochykh orhaniv rozchynozmishuvachiv typu ashh-4 / O.H. Onyshchenko, S.V. Popov, V.V. Virchenko // Poltavskiy natsionalnyi tekhnichnyi universytet imeni Yuriia Kondratiuka. – 2010. – S. 23–28.
6. Malakov O.I. Znyzhennia navantazhennia elementiv konstruksii mosta kerovanykh kolis samokhidnoi kosarky shliakhom ratsionalnoi ustanovky hidrotsylindriv / O.I. Malakov, S.A. Burlaka, R.O. Yaroshchuk // Vsnik Khmelnytskoho natsionalnogo universytetu Serii: Tekhnichni nauky. – 2018. – № 4 (263). – S. 56–61.