

Нестеренко В. П., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОПРИВОДІВ МАШИН

Проаналізовані способи модернізації гідроприводів будівельних і дорожніх машин на основі рекуперації енергії. Раціоналізація використання кінетичної енергії дозволить істотно підвищити енергоефективність експлуатації техніки.

Ключові слова: машина, гідропривод, енергія, рекуперація.

Зниження ефективності роботи дорожніх і будівельних машин обумовлено важкими умовами їх експлуатації, значною віддаленістю від баз сервісу і режимами навантаження, що змінюються циклічно. Практика показує, що при виконанні машиною енергоємних операцій тільки близько 80% енергії, що витрачається, приходить на ефективну роботу, а все інше складають втрати. Тому втрати доцільно використати в технологічному процесі, тим самим створивши замкнуте коло перетворення енергії. Отже, важливим інженерним завданням є використання втрат енергії за рахунок сил протидії опору. В зв'язку з цим особливу актуальність мають питання розробки і наукового обґрунтування нових технічних рішень, спрямованих на використання рекуператорів енергії і дослідження їх впливу на енергетичні показники машин. Рішення цієї задачі дозволить підвищити ефективність їх використання.

Необхідність експлуатації машин в комплекті призводить до того, що втрата роботоздатності однієї з машин приведе до порушенню усього технологічного процесу. Крім того, взаємодія вузлів і агрегатів машин формує складну конструктивно-технологічну систему, ефективність якої характеризується декількома показниками, серед яких ККД та енергоємність. Технологічні можливості такої землерийної машини як екскаватор залежать від виду робочого устаткування, місткості ковша і системи його приводу. У свою чергу показниками ефективності роботи екскаватора будуть продуктивність, економічність, мінімальний час робочого циклу (оскільки при справному гід-

роприводі на поворот стріли витрачається до 70 % робочого часу циклу екскаватора) і стан гідроприводу.

Більшість землерийних машин влаштовано і діє за принципом різання ґрунту і в процесі роботи їх гідроприводу необхідно долати комплексний опір копанню. При цьому на силу різання ґрунту доводиться найбільша частина сили копання. Так, у бульдозерів сила різання складає близько 60...85% сили копання, а у екскаваторів вона досягає 74%. Таким чином, опір різанню ґрунту переважає у складі сумарного робочого опору землерийних машин. Тому для виконання земляних робіт доцільно використовувати або перетворювати кінетичну енергію робочої рідини, що витрачається на подолання сил опорів. Основний зміст закону збереження енергії полягає не лише в установленні факту збереження повної механічної енергії, але і у встановленні можливості взаємних перетворень кінетичної і потенціальної енергії тіл в рівній кількісній мірі при взаємодії тіл [1].

Як показує світова практика, доцільніше всього кінетичну енергію машин акумулювати за допомогою пружних тіл, що мають високу деформуючу здатність або маховиків. Для модернізації гідроприводу і пошуку способів вдосконалення, необхідно досліджувати найбільш навантажені елементи і розподіл величини тиску в кожному елементі системи гідроприводу машини (рис. 1).

Згідно з схемою гідроприводу (рис. 1) рівняння для тисків в порожнинах нагнітання p_1 і зливу p_2 гідроциліндрів, на основі розподілу тисків в гідросистемі запишеться у виді:

$$p_1 = p_n - \Delta p_{зол1} - \Delta p_1, \quad (1)$$

$$p_2 = \Delta p_{др} - \Delta p_{зол2} - \Delta p_\phi - \Delta p_2, \quad (2)$$

де p_1 – тиск в поршневій порожнині гідроциліндра; p_2 – тиск в штоковій порожнині гідроциліндра; p_n – тиск, що створює насос; $\Delta p_{зол1}$ і $\Delta p_{зол2}$ – перепади тисків на гідророзподільниках 1 і 2; Δp_1 і Δp_2 – втрати тисків в трубопроводах l_1 і l_2 ; $\Delta p_{др}$, Δp_ϕ – перепади тисків відповідно на дроселі і фільтрі;

Робочий тиск в гідросистемі тобто тиск, що розвивається насосом p_n , залежить від величини корисного зусилля R . Перепади тисків на золотнику, дроселі і фільтрі приблизно дорівнюють:

$$\Delta p_{зол1} = \Delta p_{зол2} = \Delta p_\phi = 0,2 \text{ МПа}. \quad (3)$$

Система постійного тиску відрізняється можливістю забезпечення стабільних характеристик приводу на базі нескладних пристроїв, що мають великі невиробничі падіння потужності на клапані постійності тиску. З метою знаходження ключової ланки гідроприво-

да з точки зору втрат проаналізуємо роботу простого гідроприводу з дросельним регулюванням.

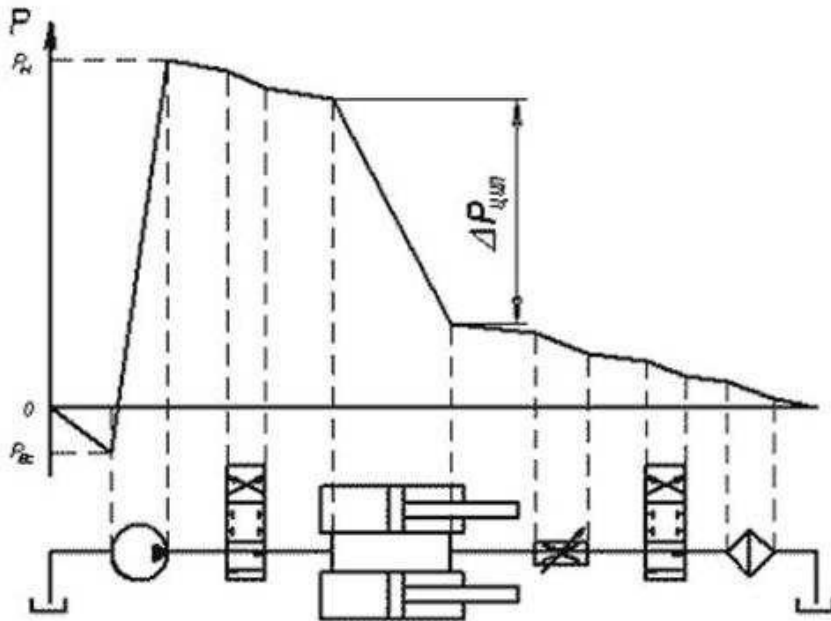


Рис. 1. Схема розподілу тисків в гідросистемі

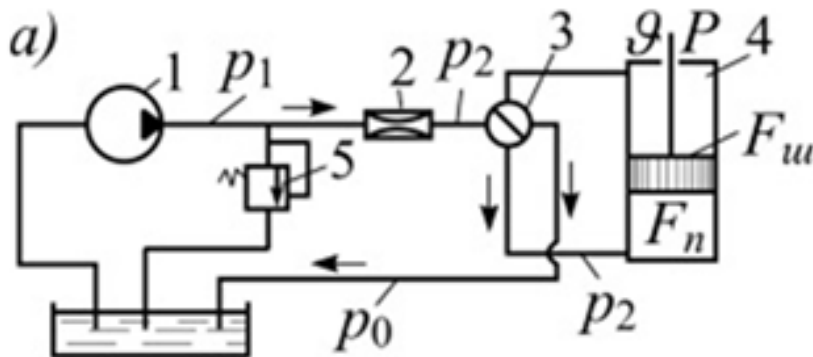


Рис. 2. Схема об'ємного гідроприводу з дросельним регулюванням

Тут (рис. 2) енергія потоку «зайвої рідини» дисипується в тепло (тому запобіжний клапан 5 часто називають кип'ятильником). При відкритому клапані 5 нерегульований насос 1, працюючи на найбільшому допустимому тиску, споживає відповідну потужність від приводного двигуна і піддається найбільшій напрузі. В цей час ефективна (корисна) потужність знижується зі зменшенням швидкості гідро-

двигуна 4. Це головна причина неприпустимо низького ККД приводу [2].

При використанні в схемі гідроприводу пневмогідрравлічного акумулятора з клапаном розвантаження насоса картина енергоспоживання міняється (рис. 3). В цьому випадку при необхідності отримання потрібної (обмеженої) швидкості виконавчого гідродвигуна насос 1 повністю розвантажується, і живлення гідросистеми здійснюється від пневмогідрравлічного акумулятора 4, який при необхідності буде оперативно заряджатися від гідронасоса 1. Такий режим роботи гідросистеми (рис. 3) кардинально відрізняється від первинного.

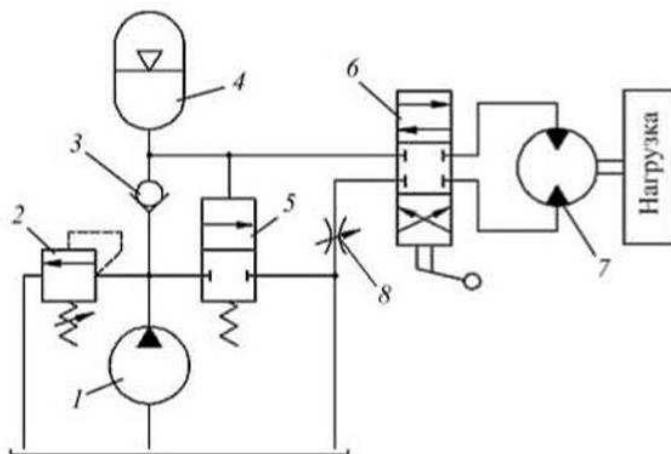


Рис. 3. Гідропривод з пневмогідрравлічним акумулятором: 1 – гідронасос; 2 – запобіжний клапан; 3 – зворотний клапан; 4 – пневмогідрравлічний акумулятор; 5 – коапан розвантаження; 6 – гідророзподільники; 7 – гідродвигун; 8 – дросель

При необхідності роботи з частковою корисною потужністю (швидкістю) гідронасос розвантажується, а приводний двигун насоса 1 переходить в режим холостого ходу. Крім того, наявність акумулятора з відповідними параметрами дозволяє зменшити типорозмір насоса в 2-5 разів і робить гідросистему більш ефективною (акумулятор – джерело енергії нескінченної потужності). Отже, привод з акумулятором дозволяє істотно підвищити коефіцієнт корисної дії (ККД) гідросистеми. При роботі клапана розвантаження 5 процес розвантаження насоса проводиться в оптимальному режимі без додаткового устаткування, і, отже, без додаткових втрат. Використовуючи таку методику, можна запропонувати гідропривод відповідних машин, який рекуперує енергію вантажу, що опускається (рис. 4).

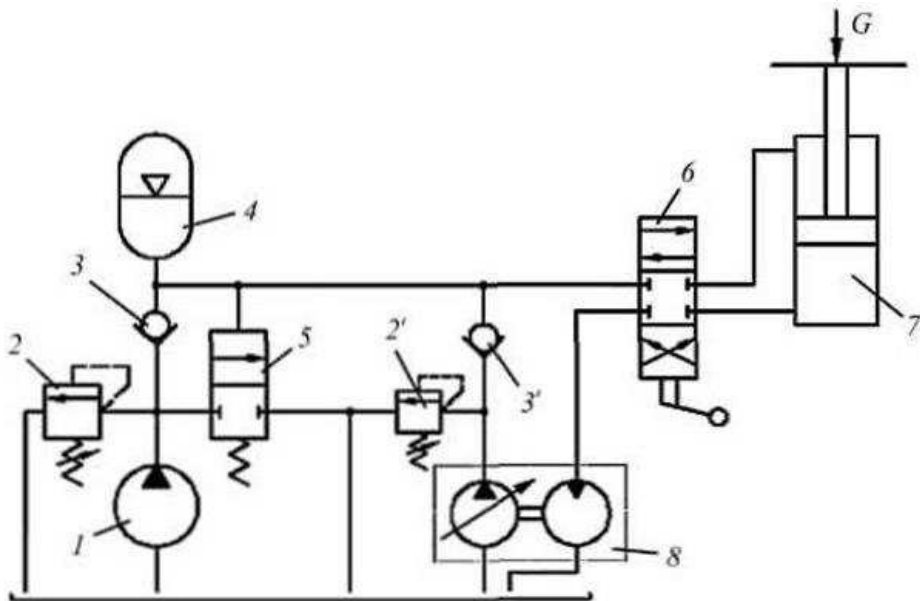


Рис. 4. Гідропривод, що рекуперує енергію вантажу, який опускається: 1 – гідронасос; 2, 2' – запобіжні клапани; 3, 3' – зворотні клапани; 4 – пневмогідралічний акумулятор; 5 і 6 – гідророзподільники; 7 – гідроциліндр; 8 – блок системи рекуперації (гідромотор і регульований насос)

Висновки. У разі застосування енергозбережного гідроприводу енергія вантажопідійомних машин за повний цикл процесу підйому – опускання прагнучиме до мінімуму, оскільки піднімається і опускається один і той же вантаж. Замість регульованого дроселя на виході в якості довантажувального пристрою встановлений гідромотор – привод регульованого насоса. Регулюючи робочий об'єм насоса, можна добитися необхідної швидкості опускання вантажу з використанням енергії опускання для зарядки акумулятора. Така схема являється енергозбережною як при підйомі вантажу, так і при його опусканні. Слід зазначити, що ці схеми дозволяють в якості акумулятора використати маховики, які, згідно [2], простіші і ефективніші ніж схеми з пневмогідралічними акумуляторами. Ще більш ефективніше, на думку автора, є використання теплового акумулятора [3]. Але ці новації необхідно всебічно досліджувати у складі приводу будівельних і дорожніх машин.

1. Щербаков В. Ф. Рекуперативная система привода грузоподъемных машин. *Строительные и дорожные машины*. 2008. № 9. С. 49–51. 2. Гулия Н. В. Удивительная механика. В поисках «Энергетической капсулы». М. : НЦ ЭНАС, 2006. 176 с. 3. Гринчар Н. Г. Надежность гидроприводов путевых,

строительных и грузоподъемных машин : учеб. пособие для вузов. М. : МИ-ИТ, 201. 112 с.

REFERENCES:

1. Shcherbakov V. F. Rekuperativnaia sistema privoda hruzopodemnykh mashin. *Stroitelnye i dorozhnye mashiny*. 2008. № 9. S. 49–51. 2. Huliia N. V. Udivitelnaia mekhanika. V poiskakh «Enerheticheskoi kapsuly». М. : NTs ENAS, 2006. 176 s. 3. Hrinchar N. H. Nadezhnost hidropriwodov putevykh, stroitelnykh i hruzopodemnykh mashin : ucheb. posobie dlia vuzov. М. : МYYТ, 201. 112 s.

Рецензент: д.т.н., професор Рябенко О. А. (НУВГП)

Nesterenko V. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

ENHANCING ENERGY EFFICIENCY OF MACHINE HYDRAULICS

The ways of modernization of hydraulic drives of construction and road machines on the basis of energy recovery are analyzed. The rationalization of the use of kinetic energy will significantly improve the energy efficiency of the equipment operation.

Keywords: machine, hydraulic drive, energy, recovery.

Нестеренко В. П., к.т.н., доцент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ПОВЫШЕНИЕ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ГИДРОПРИВОДОВ МАШИН

Проанализированы способы модернизации гидроприводов строительных и дорожных машин на основе рекуперации энергии. Рационализация использования кинетической энергии позволит существенно повысить энергоэффективность эксплуатации техники.

Ключевые слова: машина, гидропривод, энергия, рекуперация.
