

**ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В ГІДРАВЛІЧНИХ ПРИВОДАХ
МОБІЛЬНИХ І СТАЦІОНАРНИХ ТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ**

**Ремарчук М.П., д.т.н., професор, Овсянніков С.І., к.т.н., професор, Чмуж
Я.В., інж.**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства
ім. П. Василенка)*

Воронін С.В. к.т.н., доцент

(Харківська державна академія залізничного транспорту)

Запропоновані схемні рішення для реалізації принципу рекуперації енергії в гідравлічних приводах мобільних і стаціонарних технічних систем за рахунок застосування принципу рекуперації енергії. Максимальна економія енергії досягається при роботі стаціонарних технічних систем з двома однотипними робочими механізмами.

Постановка проблеми. Зменшення енергетичних витрат при зниженні собівартості отриманої продукції потребують пошуку внутрішніх резервів, які можна задіяти в процесі функціонування будь-якої технічної системи. До таких резервів можна віднести рекуперацію енергії, тобто вторинне її використання. Відомі різні типи акумуляторів, які запасують енергію у вигляді: – кінетичної енергії обертових мас (інерційні акумулятори – маховики); – потенціальної енергії стисненого газу (пневмогідравлічні акумулятори); – електричної енергії, наприклад, свинцево-кислотні і інші типи акумуляторів. Зниження витрат енергії стає особливо актуальним, коли складова енергії є найбільшою в собівартості одиниці продукції і може досягати величини більш ніж 40%.

Прикладом використання рекуперації енергії є гідросистема землерийної машини, яка створена Алексеевою Т.В. та її учнями і наведена на рис. 1. В створеній гідросистемі застосований рекуператор у вигляді акумулятора обертових мас 1 (маховий акумулятор). Кран гідророзподільника рідини 2 (рис.

1) забезпечує два режими роботи: – ручне управління гідроциліндром 3 для заглиблення і вигублення робочого обладнання бульдозера; – автоматичне управління для вигублення робочого обладнання бульдозера за рахунок енергії маховика 1.

Авторами указаними вище, розроблена відома конструкція машини з застосуванням рекуператора енергії, яка створена на основі насосно-акумуляторного приводу (гідроакумулятора 1 і насоса 2) і наведена на рис. 2. Застосування зазначеного принципу рекуперації енергії (рис. 2) потребує використання системи розвантаження 3, яка при накопиченні гідроакумулятором 1 достатньої кількості енергії, забезпечує повернення її в гідросистему машини. Виконаними ними дослідженнями встановлено, що використання принципу акумуляування енергії дозволяє забезпечувати: – рівномірне навантаження первинного двигуна в мобільних машинах, за рахунок його довантаження в режимі холостого ходу машини і за рахунок накопичення енергії в акумуляторах та повернення цієї енергії, наприклад, в процесі копання ґрунту, що підвищує продуктивність таких машин до 10 %.

Одним із рішень по застосуванню принципу рекуперації енергії (Пат. 2236515, Россия) представлено в роботі [1]. Характерною особливістю цього рішення є монтаж додаткового гідроциліндра до робочого обладнання по управлінню стрілою екскаватора. Це рішення показано на рис. 3 а і б.

Для вирішення проблеми раціонального використання енергоресурсів і підвищення продуктивності роботи екскаватора авторами роботи [1] формулюється висновок про необхідність створення гідроприводу екскаватора з енергозберігаючими системами, зокрема: – регулювання роботи первинного двигуна і гідронасосів; – рекуперація кінетичної і потенціальної енергії рухомих частин екскаватора.

Розгляд питань, що відносяться до проблеми зменшення витрат енергії при випробуваннях, відображено в державних і міждержавних стандартах, в яких даються рекомендації по проведенню періодичних, державних міжвідомчих, відомчих і типових випробувань на спеціалізованих

випробувальних стендах як елементів гідроприводу, так технічної системи в цілому.

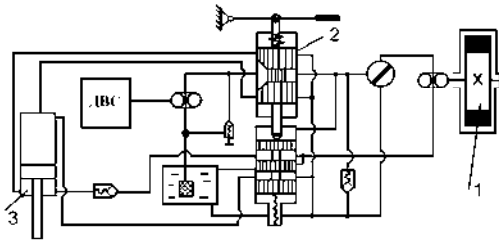


Рис. 1. Застосування рекуператора-маховика (СибАДІ, 1969 р.)

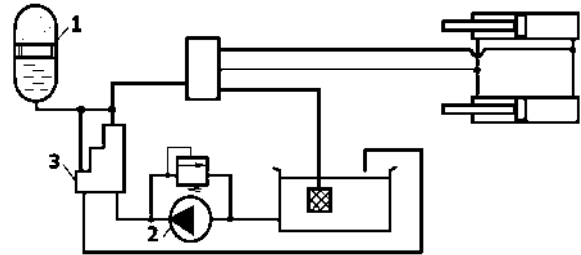
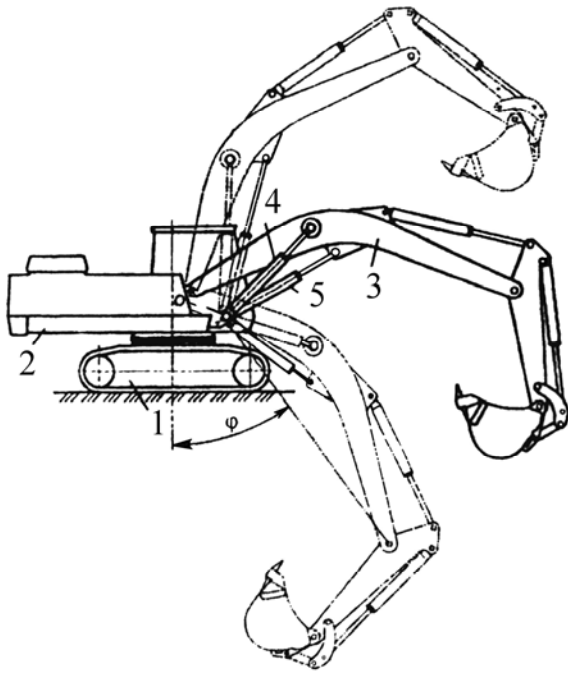
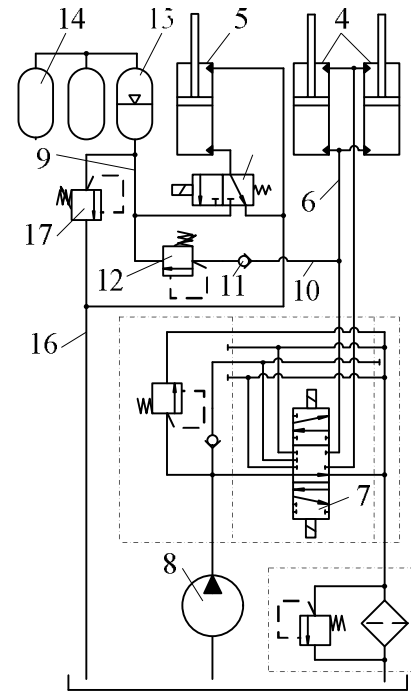


Рис. 2. Застосування рекуператора-гідроаккумулятора (СибАДІ, 1969 р.)



a)



б)

Рис. 3. Розміщення урівноважувального гідроциліндра між гідроциліндрами управління стрілою екскаватора (Росія, СДАДА, (СибАДІ), 2004 р.):

a – загальний вигляд екскаватора; *б* – гідросистема екскаватора

Стенд, що призначений для приймально-здавальних випробувань елементів гідросистем, наведено на рис. 4. В процесі випробувань визначаються

основні показники для кожного із елемента гідросистеми, в тому числі їх загальний ККД.

Приймальні випробування екскаваторів (потужністю 112 кВт (152 л. с.) з витратою палива 19,5 – 25,0 л/год.) проводяться на фірмі LIEBHERR (фото із проспектів фірми LIEBHERR) з використанням комп'ютерних засобів вимірювання параметрів, як це показано на рис. 5. Випробування гідросистеми в цілому і в тому числі силових гідроциліндрів в складі гідроприводу станда [2] забезпечуються в результаті підйому-опускання стріли 2 з вантажем 3 (або стріли 6 з вантажем 5) за допомогою силових гідроциліндрів 4 або 9, як це показано на рис. 6.

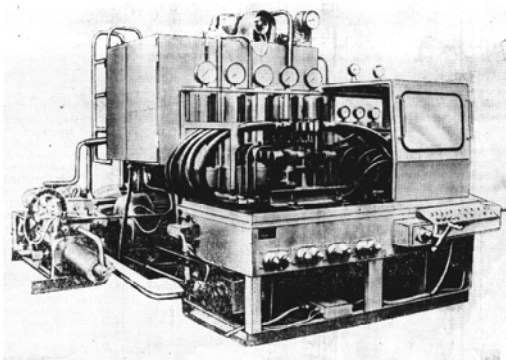


Рис. 4. Стенд для заводських випробувань елементів гідроприводу



Рис. 5. Випробування екскаватора на фірмі LIEBHERR

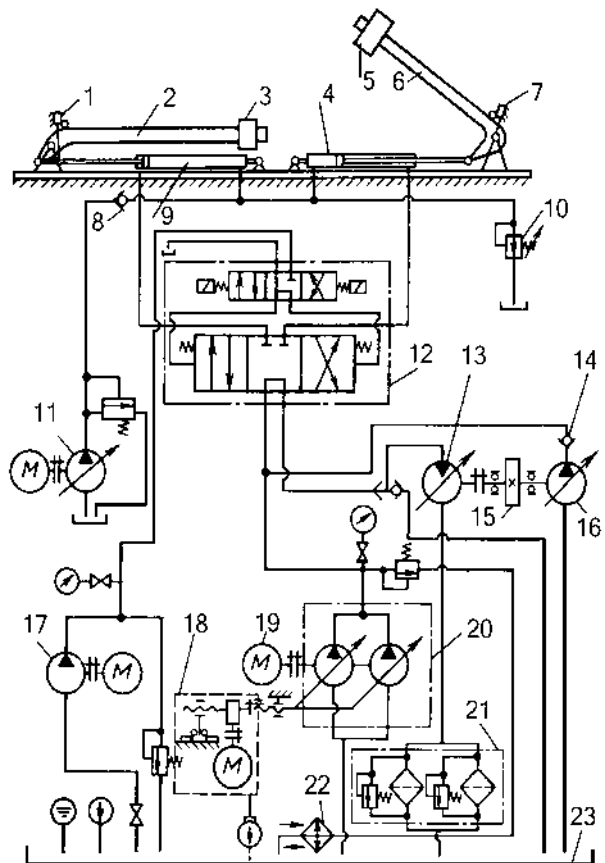


Рис. 6. Стенд для випробування елементів гідроприводу

Робота станда характеризується наступним. Здвоєний насос 20 приводиться в дію електродвигуном 19 за рахунок чого робоча рідина через

гідророзподільник 12 направляється до гідроциліндрів 4 або 9. При умові коли робоча рідина направляється в штокову порожнину гідроциліндра 4, то вона забезпечує підйом стріли 6 з вантажем 5, в той же час стріла 2 з вантажем 3 опускається в низ. При цьому робоча рідина, яка витісняється зі штокової порожнини направляється до гідромотора 13 примушуючи його вал обертатися разом з валом насоса 16. Від насоса 16 робоча рідина через зворотній клапан 14 разом з робочою рідиною від насоса 20 направляється в штокову порожнину гідроциліндра 4. Завдяки цьому обидві енергії об'єднуються і направляються до гідроциліндра 4 забезпечує цим підйом стріли 6. Для стабілізації подачі рідини від насоса 16 на його валу і валу гідромотора 13 розміщений маховик 15, які разом створюють рекуперативний модуль. Стенд може працювати в автоматичному режимі. При досягненні стріловими механізмами своїх крайніх верхніх і нижніх положень спрацьовують кінцеві вимикачі 1 і 7, які переключають гідророзподільник 12 і тим самим змінюють характер руху стріли 2 і 6. Заповнення поршневих порожнин гідроциліндрів 4 і 9 забезпечується насосом 11 через зворотній клапан 8. Тиск рідини на цій ділянці гідросистеми визначається настройкою клапана 10. В гідросистему стенда входять також блок фільтрів 21, теплообмінник 22 та вимірювальні і контрольні прилади. Управління подачею рідини від насоса 20 забезпечується виконавчим регулюючим механізмом 18. Насос 17 забезпечує управління гідророзподільником 12.

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є зменшення втрат енергії в гідравлічних приводах мобільних і стаціонарних технічних систем. Досягнення даної мети базується на виявленні незадіяних резервів для застосування принципу рекуперації енергії в гідроприводі технічних систем з одним і двома однотипними робочими механізмами та з врахуванням рівня їх навантаження.

Рішення задач. В технічних системах з двома однотипними робочими механізмами, як правило, один з них працює в режимі максимального навантаження, а інший в режимі розвантаження. При чому тривалість

навантаження в робочому циклі для стаціонарних технічних систем з двома однотипними механізмами може також відрізнятися. Для технічних систем з одним працюючим механізмом рівень навантаження первинного двигуна теж характеризується нерівномірністю навантаження в робочому циклі і різною тривалістю циклу.

Для технічної системи (див. рис. 7) з двома однотипними механізмами, наприклад проведення стендових випробувань гідроциліндрів, можливо створити умови для рекуперації енергії за рахунок використання кінетичної енергії, що виникає при опусканні стрілового механізму при включенні гідророзподільників 11 і 12 або 13 і 12 з одночасним об'єднанням з додатковою енергією, що створюється спеціальним насосом 16. Модернізоване схемне рішення гідросистеми такого стенда показано на рис.7. Таким чином, кінетична енергія, що створюється механізмом при опусканні стріли та гідравлічна енергія, що створюється спеціальним насосом вони об'єднуються і сумісно витрачаються на підйом другого стрілового механізму, чим забезпечується безперервний процес випробування силових гідроциліндрів і гідросистеми стенда в цілому. При цьому витрати енергії на процес випробування буде складати величину, яка є близькою до величини компенсації внутрішніх втрат енергії для створеного стенду. Теоретично, величина цих втрат енергії може досягати (30...40)% від рівня загальних витрат на процес випробування гідроциліндрів і гідросистеми в цілому. Таким чином величина економії енергії може складати (60...70)% від загальних витрат енергії без її рекуперації.

Для технічних систем, з двома однотипними механізмами, наприклад ескалаторів, з яких один працює на підйом вантажу (пасажирів), а інший на їх спуск показані можливості для рекуперації енергії в процесі їх функціонування. Цей процес характеризується тим, що за рахунок використання кінетичної енергії, яка виникає при опусканні ескалатором вантажу та при умові підведення додаткової енергії вони сумісно витрачаються на підйому вантажу (пасажирів) ескалатором. При чому величина додаткової енергії, що витрачатиметься на підйом ескалатора, буде залежатиме від рівня

завантаженості ескалатора, який направляє вниз під дією вантажу (пасажирів). Таким чином, мінімальна величина економії енергії буде мати місце при мінімальній завантаженості ескалатора, що рухається вниз і при максимальному навантаженні ескалатора, що піднімає вантаж (пасажирів) наверх. Максимальна величина економії енергії буде досягатись при умові коли ескалатор, що рухається вниз, рівень його завантаження матиме максимальну величину, а рівень завантаженості ескалатора, що рухатиметься вгору складатиме мінімальну величину. Слід зазначити, що найбільшій ефективності роботи обох ескалаторів можна досягти при умові застосування сумісно електроприводу і гідроприводу як це показано на рис. 8.

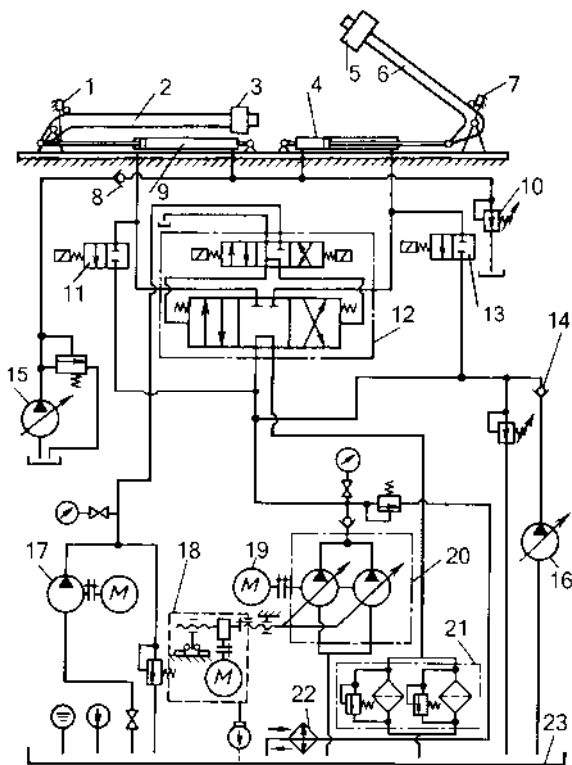


Рис. 7. Модернізоване рішення стенда для випробування елементів гідроприводу

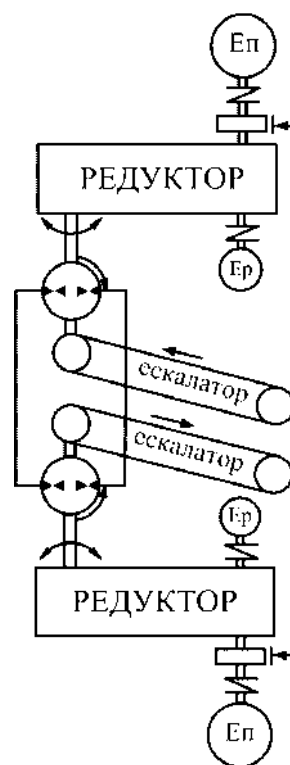


Рис. 8. Рекуперація енергії в робочому режимі ескалаторів

При чому, електропривод, зокрема два його електродвигуни, що позначені, як E_p виконують роль початкового рушія ескалаторів, а в подальшому вони відключаються і тоді включаються в роботу два електродвигуни E_r , які відіграють другорядну роль, забезпечуючи компенсацію внутрішніх втрат енергії для даної технічної системи. В відносно сталому режимі роботи, при умові коли працюють електродвигуни E_r , гідропривод

виконує головне призначення, а саме перетворює кінетичну енергію ескалатора, що переміщається вниз в гідравлічну енергію завдяки застосуванню двох однотипних елементів насоса-гідромотора. Тоді, гідравлічна енергія створена одним з цих елементів, що працює в режимі насоса, направляється до гідромотора, який перетворює гідравлічну енергію в механічну, чим забезпечується підйом вантажу (пасажирів) другим ескалатором.

Застосування гідравлічних елементів високомоментного і тихохідного як насоса, так і гідромотора, можливо з умови забезпечення однакових їхніх параметрів. Такими параметрами можуть відповідати насос і гідромотор при умові виготовлення їх на основі використання силових гідроциліндрів з заданими конструктивними показниками [3].

Для технічної системи з одним механізмом, наприклад з робочим обладнанням навантажувача, стріловим обладнанням крана, відвалом автогрейдера, бульдозера чи ковшем скрепера, а загалом будівельних і землерийних машин можливо теж забезпечити процес рекуперації енергії за рахунок використання складових робочого циклу цих машин коли рівень навантаження на первинний двигун складатиме мінімальну величину. Тоді в цей проміжок часу в робочому циклі наведених вище машин гідравлічна енергія від насоса направляється до гідропневмоакумулятора за рахунок чого додатково навантажуватиметься первинний двигун і його загальне навантаження в робочому циклі вирівнюватиметься до більш сталої величини. Приклад розробки гідросистеми з можливістю забезпечення рекуперації енергії з одночасним більш рівномірним завантаженням первинного двигуна наведено на рис. 9.

На рис. 9 гідросистема стандартної машини виділена товстими лініями, а доопрацьована ділянка гідросистеми виділена тонкими лініями. Найбільш ефективним напрямком для застосування такої гідросистеми є автоматизація процесу накопичення і віддачі енергії з гідропневмоакумулятора в гідросистему мобільної машини.

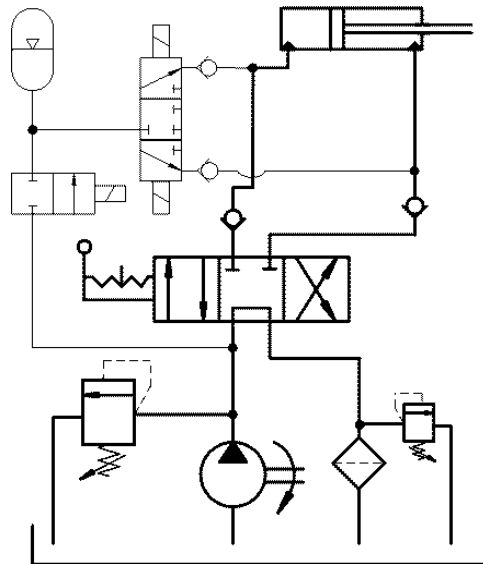


Рис. 9. Рекуперация энергии в рабочем режиме строительных и землеройных машин

Рівень економії енергії для мобільних машин, як показують теоретичні дослідження, може знаходитися в межах (10...20)%.

Висновок. Максимальний рівень економії енергії до 70% можливо досягти при роботі стаціонарних технічних систем з двома однотипними робочими механізмами, що виконують поперемінно різні функції в робочому циклі.

Список літератури

1. Пат. 2236515, Россия, МПК⁷ E 02 F 9/22. Устройство уравновешивания рабочего оборудования стреловой машины / В.Н. Тарасов, Г.Н. Бояркин, М.В. Коваленко. – Оpubл. Б.И. 2004. – № 26
2. Морсин В.М. Ресурсные испытания гидроцилиндров на стенде с рекуперацией энергии / В.М. Морсин, Ю.П. Кузнецов, А.М. Ветров // Строительные и дорожные машины. – 1988. – №8. – С. 3–4.
3. Ремарчук М.П. Підвищення показників функціонування високомоментного гідромотора для приводу механізмів машин / М.П. Ремарчук, Я.В. Чмуж, С.І. Овсянніков, Ю.В. Рижков // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства ім. П. Василенка, Вип. 111. – Харків. 2011. – С. 17-23.

Аннотация

ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ПРИВОДАХ МОБИЛЬНЫХ И СТАЦИОНАРНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Ремарчук Н.П., Овсянников С.И., Чмуж Я.В., Воронин С.В.

Предложены схемные решения для реализации принципа рекуперации энергии в гидравлических приводах мобильных и стационарных технических систем. Максимальная экономия энергии достигается при работе стационарных технических систем с двумя однотипными рабочими механизмами.

Abstract

ENERGY SAVING IN HYDRAULIC DRIVES MOBILE AND STATIONARY TECHNICAL SYSTEMS

Remarchuk M.P., Ovsyannikov S.I., Chmuzh Y.V. Voronin S.V.

Proposed scheme solutions for the implementation of the principle of recovery of energy in hydraulic drives of mobile and stationary technical systems. Maximum energy savings achieved with the work of the stationary technical systems with two of the same type working mechanisms.