

УДК 62.522

І.П. ГРЕЧКА, канд. техн. наук, ст. викл. каф. ТММіСАПР НТУ „ХПІ”, Харків;
М.С. СВИНАРЕНКО, канд. техн. наук, ас. каф. менеджменту ХДТУБА, Харків;
О.І. ЗИНЧЕНКО, канд. техн. наук, доц., доц. каф. ТММіСАПР НТУ „ХПІ”, Харків

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ГІДРОАГРЕГАТІВ, ПОБУДОВАНИХ З ВИКОРИСТАННЯМ ГІДРОАПАРАТІВ ІЗ ОСЦИЛЯЦІЄЮ

Проведено аналіз ефективності застосування гідроапаратів із осциляцією у гідроагрегатах технологічних машин. Описано принцип роботи гідроагрегату верстата. Визначена ефективність їх використання.

Проведен анализ эффективности применения гидроаппаратов с осцилляцией в гидроагрегатах технологических машин. Описан принцип работы гидроагрегата станка. Определена эффективность их использования.

The analysis of the efficiency of hydraulic units with oscillation is held in the hydraulic unit of technology machines. The principle of the hydraulic unit of the machine are described. The efficiency of their use is defined.

Вступ. Широке впровадження гідроагрегатів (ГА) для виконання робочих і допоміжних функцій технологічних машин обумовлена тим, що вони

мають: малий об'єм і масу на одиницю переданої потужності; можливість плавного, безступінчастого регулювання швидкостей і зусиль; малу інерційність виконавчого механізму; простий і надійний захист від перевантажень; можливість створення систем будь-якої складності; забезпечують одержання режимів, що змінюються в часі роботи автоматично та за заданою закономірністю [1]. У світовій і вітчизняній практиці створення високоефективних ГА технологічних машин визначилася тенденція застосування гідроапаратів з осциляцією замість традиційних [2, 3]. Їх використання дозволяє: зменшити кількість гідроапаратів; значно поліпшити процес перемикання; підвищити надійність і довговічність машин за рахунок виключення закидів тиску, ударів і ривків; забезпечити стабілізацію силових і швидкісних параметрів виконавчих механізмів; зменшити енергетичні втрати за рахунок зменшення об'ємних втрат в ГА [3].

Аналіз літературних джерел. Гідравлічна система преса для штампування із зусиллям, пропорційним температурі нагрівання заготовки, зображена на рис. 1, складається з виконавчого гідроциліндра 1; гідророзподільника (ГР) 3; насоса з регулятором тиску 4 [2]. Тиск регулювання насоса встановлюється клапаном 5 із електромагнітним керуванням і осциляцією. Керуючий сигнал від датчика 2 надходить до блоку керування 6, підсилюється та забезпечує пропорційне керування запобіжним клапаном

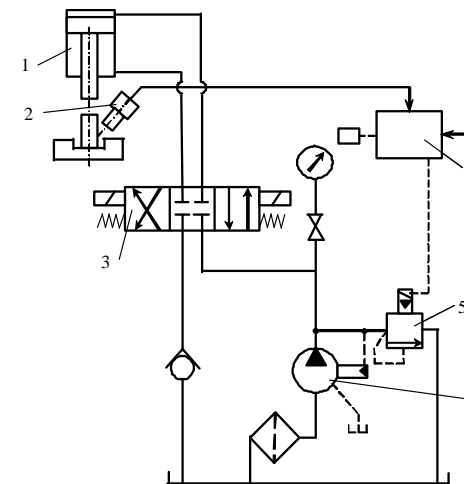


Рис. 1. Схема гідравлічного преса із клапаном 5 з електромагнітним керуванням і осциляцією, для штампування із зусиллям, пропорційним температурі нагрівання заготовки

(ЗК) 5, який регулює тиск в гідравлічній системі. У результаті зміни настроювання рівня тиску змінюється зусилля штампування. Завдяки використанню клапана з електромагнітним керуванням і осциляцією, забезпечується висока ефективність технологічного циклу і якість одержуваних деталей.

В гідравлічній системі керування дисковим гальмом за допомогою ЗК із електромагнітним керуванням і осциляцією (рис. 2) гідроциліндр одnobічної дії блокує гальмо у випадку відсутності тиску керування [3]. Зміна тиску керування за допомогою ЗК із електромагнітним керуванням і осциляцією дозволяє здійснювати відключення гальма й керувати процесом гальмування. Наявність осциляції в ЗК із електромагнітним керуванням дозволяє забезпечити його високу чутливість до керуючих сигналів, отже підвищити ефективність гідравлічної системи керування.

У ГА із пропорційним електричним керуванням реалізація електричного вібраційного контуру здійснюється за рахунок накладання осцилюючого сигналу, частота якого становить (150 – 200) Гц, а амплітуда (50 – 100) мА, на вхідний електричний сигнал, що подається від електронного блоку керування типу БУ 2110 [3, 4].

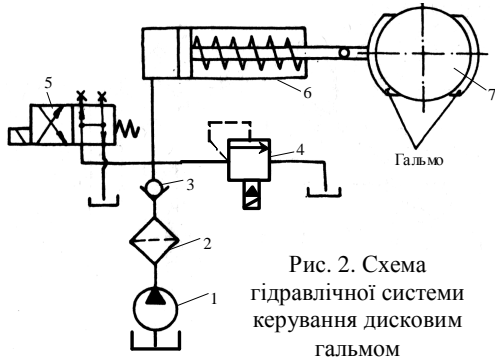


Рис. 2. Схема гідравлічної системи керування дисковим гальмом

гідравлічні апарати з гідравлічним керуванням і гідравлічною осциляцією. Проведений авторами аналіз літературних джерел показав, що немає обґрунтування економічної ефективності застосування технологічних машин, побудованих із застосуванням гідроапаратів із гідравлічною осциляцією.

Мета статті. Метою даної статті є розробка методики та економічне обґрунтування застосування гідроапаратів із гідравлічною осциляцією.

Гідроагрегат верстата для намотування обмоток електродвигунів. Розроблено схемне рішення ГА [6]. Схема ГА верстата для намотування обмоток електродвигунів, яка показана на рис. 3, містить з'єднані послідовно ГР із гідравлічним вібраційним контуром (ГВК), що дозує витрату, та клапан тиску 12, який складається із дроселюючого золотника, під торці якого підведені тиски – до ГР із ГВК (тиск на виході насоса p_n) і після ГР 9 p_1 і пружини 11, розташованої в камері більш низького тиску (за ГР 9), це забезпечує постійний перепад тиску на дроселюючій щілині ГР 9. Клапан тиску 12 виконує функцію керуючого дроселя (компенсатора тиску) і одночасно елемента порівняння в системі зворотного зв'язку, а ГР із ГВК – компенсатора витоків за рахунок введення зворотного зв'язку по тиску із входу ГМ 14. Таким чином, забезпечується регулювання витрати, яка підводиться до ГМ 14, та постійна частота обертання ГМ 14, незалежно від зовнішнього навантаження й витоків в ньому.

Завдяки використанню ГВК золотник здійснює осцилюючий зворотно-поступальний рух з великою частотою та малою амплітудою, усуваючи, таким чином, силу тертя спокою та підвищуючи чутливість ГР 9 до гідравлічного керуючого сигналу.

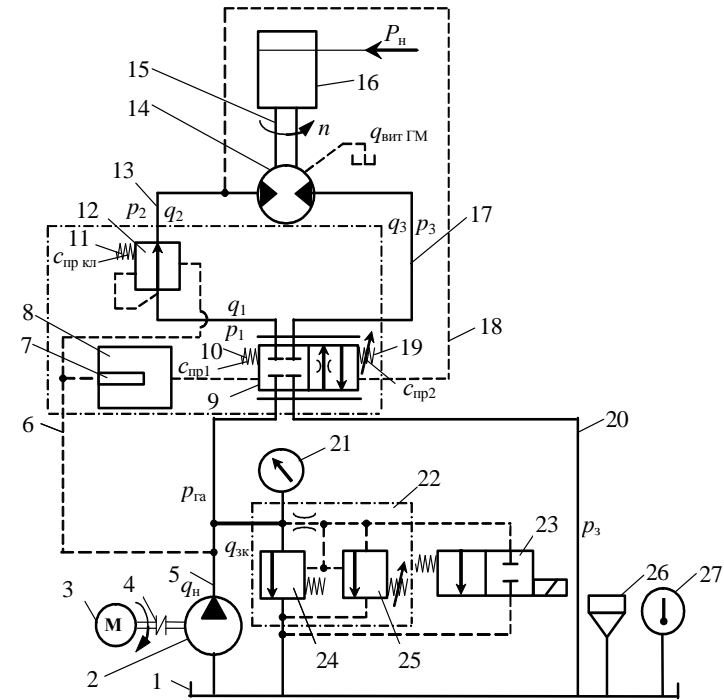


Рис. 3. Гідравлічна принципова схема ГА верстата для намотування обмоток електродвигунів:

- 1 – бак; 2 – насос; 3 – електродвигун; 4 – муфта; 5, 6, 13, 17, 20 – трубопроводи; ГВК;
- 7 – внутрішній патрубок, 8 – камера; 9 – слідкуючий ГР; 10 і 19 – пружини ГР 9;
- 11 – пружина клапана тиску; 12 – клапан тиску; 14 – гідромотор; 15 – вал ГМ;
- 16 – котушка для намотування дроту; 18 – трубопровід (гідравлічний зворотний зв'язок по тиску); 21 – манометр; 22 – запобіжний клапан; 23 – ГР; 24 – основний;
- 25 – допоміжний; 26 – заливна горловина; 27 – термометр

Економічна ефективність розробленого ГР з ГВК у складі ГА. Оцінку технічного рівня виконували порівнянням сукупності показників якості ГА верстата для намотування обмоток електродвигунів, що проектується, з відповідною сукупністю показників аналога [7]. Важливим показником, який визначає доцільність виробництва і впровадження в промисловість ГА, що розробляється, є економічний ефект. Проводили розрахунок економічної ефективності від упровадження в виробництво розроблених ГР з ГВК і використання їх у ГА. Визначали госпрозрахункового економічний ефект [8]

$$E_{\text{ГР}} = \sum_{i=1}^t (P_i - B_i - \Pi_{\text{пр}i}) \alpha_i,$$

де t – період випуску і реалізації виробу, приймали $t = 5$ років; B_i – вартісна оцінка витрат на виробництво ГА в t -му періоді, грн.; P_i – вартісна оцінка ре-

зультатів виробництва в t -му періоді, грн.; $P_{\text{прт}}$ – податок на прибуток в t -му періоді, грн.; α_t – коефіцієнт дисконтування результатів, який враховує фактор часу $\alpha_t = 1/(1 + E_{\text{пр}})^{t-1}$, де $E_{\text{пр}}$ – коефіцієнт приведення результатів і витрат, зіставлений з урахуванням фактору часу, $E_{\text{пр}} = 0,1$; t – кількість років, що відокремлюють результати даного року від кінця розрахункового періоду.

Величину вартісної оцінки результатів виробництва в t -му періоді P_t визначали за формулою [8] $P_t = C_{\text{од}} \cdot N_{\text{ф}}$, де $C_{\text{од}}$ – ціна одиниці виробу, що проектується, грн. [9]; $N_{\text{ф}}$ – фактичний річний об'єм продажу, шт., з урахуванням ступеня ризику $\beta = 5\%$, який визначали за формулою $N_{\text{ф}} = N_{\text{річ}}(1 - \beta/100)$, де $N_{\text{річ}}$ – річний об'єм випуску виробів, шт.

Величину вартісної оцінки витрат на виробництво виробу в t -му періоді B_t визначали за формулою $B_t = C_{\text{повн}} N_{\text{річ}}$, де $C_{\text{повн}}$ – повна собівартість одиниці виробу, грн., яка визначалась з [10].

Величину податку на прибуток $H_{\text{прт}}$ розраховували за формулою [8] $H_{\text{прт}} = (P_t - B_t) \cdot \% P_{\text{прт}} / 100$, де $\% P_{\text{прт}}$ – затверджений відсоток податку на прибуток, $\% P_{\text{прт}} = 25\%$.

Розрахунок величини госпрозрахункового економічного ефекту проводили для ГА верстата для намотування обмоток електродвигунів і ГР з ГВК (табл. 1).

Таблиця 1

Результати розрахунку величини госпрозрахункового економічного ефекту при реалізації ГА та ГР з ГВК

Виріб	Показник								
	$C_{\text{од}}$, грн.	$N_{\text{річ}}$, шт.	$N_{\text{ф}}$, шт.	$C_{\text{повн}}$, грн.	B_t , грн.	P_t , грн.	$P_{\text{прт}}$, грн.	$E_{\text{гр}}$, грн.	$\Sigma E_{\text{гр}}$, грн.
ГР	2692	35	33	2071	72485	88836	4905,3	11446	76858
ГА	102180	5	5	78600	393000	510900	35370	82530	554189

З табл. 1 видно, що при реалізації одного розробленого ГА верстата величина госпрозрахункового економічного ефекту $E_{\text{гр}}$, що залишається у розпорядженні підприємства, становить 82530 грн. за 5 років, а одного ГР з ГВК – 11446 грн. Таким чином, їх виробництво є цілком економічно обґрунтованим.

Для оцінки технічного рівня ГА використовували наступні основні показники [11]: класифікаційні, а саме: призначення; конструктивні; надійності; економічного використання матеріалу; економічного використання енергії; ергономічні. До класифікаційних показників належать: діаметр умовного проходу; значення номінального та максимального тиску в ГА; номінальні витрата та потужність; номінальний крутний момент; номінальна тонкість фільтрації тощо. До оціночних показників належать: рівень тиску та діапазон його регулювання; точність підтримування заданих значень тиску та потужності; час

зміни тиску при ступінчастій зміні витрати від номінальної до мінімальної та навпаки; час переключення; зона нечутливості; гістерезис; нелінійність; статична неточність тощо. Зауважимо, що для ГА такі показники технічного рівня, як діаметр умовного проходу, витрата, номінальний та максимальний тиск вибираються стандартизовані та визначаються в залежності від потужності ГА, необхідної для забезпечення його функціонування.

При розрахунку показників технічного рівня приймали, що номінальні значення тиску, витрати, витрати, ККД та надійність ГР з ГВК і без нього для варіантів аналогу, проекту і еталону однакові. Ступінь відповідності параметрів оцінюваного ГА-еталону розраховували за формулою [8] $I_i = P_i / P_i^e$, де I_i – параметричний індекс i -го параметра; P_i та P_i^e – відповідно, значення i -го параметра, який характеризує споживчі властивості оцінюваного ГА і ГА-еталону.

Показник уніфікації – коефіцієнт використання – визначали на підставі даних конструкторської документації за формулою $K_{\text{пр}} = (P_d - P_{d0} / P_d) \cdot 100$, де P_d – загальна кількість деталей, шт.; P_{d0} – кількість оригінальних деталей, шт.

Зведений індекс показників технічного рівня розраховували за формулою $I_{\text{и}} = \sum_{i=1}^n B_i \cdot I_i$, де I_i – величина параметричного індексу i -го параметру; B_i – величина вагомості i -го параметру.

Рівень показників технічного рівня ГА визначали за формулою $K = I_{\text{и}} / I_{\text{ои}}$, де $I_{\text{ои}}$ – зведений індекс показників технічного рівня ГА-аналогу.

Зведений індекс показника технічного рівня розробленого ГА верстата становить 0,972 (табл. 2) і, за класифікацією [7], відповідає вищій категорії якості. Конкурентоспроможність розробленого ГА становить 1,154, тобто ГА з ГВК за показниками технічного рівня перевищує ГА-аналогу.

Таким чином, використання ГР з ГВК і реалізація гідравлічного зворотного зв'язку по тиску підвищують точність підтримання витрати через гідромотор і сили натягу дроту, що покращує показники технічного рівня ГА верстата для намотування обмоток електродвигунів (табл. 2).

Висновки. Проведений аналіз ефективності застосування гідроапаратів із осциляцією у ГА технологічних машин дозволив установити, що їх використання дозволяє зменшити кількість гідроапаратів, забезпечити швидкий розгін і зупинку, стабілізацію силових і швидкісних параметрів виконавчих механізмів, зменшити енергетичні втрати, підвищити надійність і довговічність машин. Розрахунковим шляхом встановлено, що за показниками технічного рівня розроблений ГА верстата відповідає вищій категорії якості. Зведений індекс показника технічного рівня розробленого ГА становить 0,972, а конкурентоспроможність – 1,154. Доведено економічну ефективність від упровадження в виробництво і промисловість розроблених ГА.

Таблиця 2

Оцінка показників технічного рівня ГА

Найменування основних параметрів	Величина показників якості за варіантами			Відносний показник технічного рівня виробу		Вагомість показника, бали	Зведений індекс показника технічного рівня	
	Аналог	Проект	Еталон	Аналог	Проект		Аналог	Проект
1. Час спрацювання ГР, с	0,2	0,1	0,1	0,5	1,0	0,09	0,045	0,09
2. Перевищення тиску в ГА від номінального при різкому перевантаженні системи, %	10	8	8	0,8	1,0	0,04	0,032	0,04
3. Гістерезис ГР, %	7,44	5,67	4,64	0,624	0,818	0,07	0,044	0,057
4. Коефіцієнт нерівномірності	0,099	0,075	0,071	0,717	0,947	0,08	0,057	0,076
5. Точність підтримання тиску в ГА, %	7,93	3,7	3,5	0,441	0,946	0,05	0,022	0,047
6. Коефіцієнт використання	0,85	0,77	0,85	1,0	0,906	0,04	0,04	0,036
7. Точність підтримання сили натягу дроту в ГА, %	84	93	97	0,866	0,959	0,1	0,087	0,096
8. Показник економного використання енергії (1/види енергії)	0,5	1	1	0,5	1,0	0,03	0,015	0,03
9. Однакові показники	-	-	-	1,0	1,0	0,5	0,5	0,5
Комплексний показник	-	-	-	-	-	1	0,842	0,972

Список літератури: 1. Проектирование гидроприводов и систем управления промышленных роботов. Методические рекомендации. – М.: НИИмаш, 1979. – 62 с. 2. Оксененко А.Я., Скворчевский Е.А., Подкуйко Л.А. Гидравлические пропорциональные системы управления металлорежущими станками и другими машинами. Обзор. – М.: НИИмаш, 1983, – 36 с. 3. Наладка и эксплуатация гидрораспределителей с пропорциональным электрическим управлением типа РП: [метод. рекомендации]. – М.: ВНИИТЭМП, 1986. – 68 с. 4. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: [справочник] / В.К. Свешников. – М.: Машиностроение, 1995. – 448 с. 5. Андренко П.М. Развитие научных основ проектирования аппаратов из гидравлической осцилляцией для систем гидроприводов: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня доктор. техн. наук: спец. 05.02.02 “Машинознавство” / П.М. Андренко. Київ, 2009. – 40 с. 6. Пат. 45554 Україна, МПК F15B 9/00. Гідроагрегат верстата для намотки обмоток електродвигунів / Андренко П.Н., Гречка І.П., Білокінь І.І., Стеценко Ю.М.; заявник і патентовласник Андренко П.Н., Гречка І.П., Білокінь І.І., Стеценко Ю.М. – № u 2009 07102; заявл. 07.07.09; опубл. 10.11.09, Бюл. № 21. 7. Гидроприводы объемные, пневмоприводы, и смазочные системы. Оценка технического уровня и качества: ОСТ2 Н06–35–84. – [Чинний від 1985-01-01]. – М.: ВНИИТЭМП, 1985. – 39 с. (Отраслевой стандарт). 8. Яковлев А.І. Соціально-економічна ефективність за умов ринку: навч. посібник / А.І. Яковлев. – К.: ІСДО, 1994. – 228 с. 9. Методичні вказівки з виконання бакалаврського проекту (роботи) для студентів економічного факультету спеціальності 6.050107 “Економіка підприємств”, денної та заочної форм навчання / [уклад. А.І. Яковлев]. – Х.: НТУ “ХПІ”, 2007. – 28 с. 10. ООО “ТЕХРЕЗЕРВ-УКРАИНА”. Прайс лист: [Электронный ресурс] // Режим доступа: kharkov@tchrezerv.ru, www.tchrezerv.ru. 11. Система показателей качества продукции. Гидроприводы объемные, пневмоприводы, и смазочные системы. Номенклатура показателей: ГОСТ 4.37-90. [Введен в действие 1990–06–09] – М.: Издательство стандартов, 1990. – 39 с.

Надійшла в редколегію 13.02.2012