

ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПРОЦЕСІВ У ПРИВОДАХ ГІРНИЧИХ ТА БУДІВЕЛЬНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ МАШИН ВІБРАЦІЙНОЇ ТА УДАРНО-ВІБРАЦІЙНОЇ ДІЇ

Вінницький національний технічний університет

Анотація. Доповідь присвячена дослідженню гідродинамічних перехідних процесів у силових гідроприводах гірничих і будівельних машин вібраційної та ударно-вібраційної дії. Зокрема, обґрунтовано особливості функціонування та співвідношення робочих та конструктивних параметрів основного автоматичного керівного органу – імпульсного клапана, що встановлений у гідросистемі.

Ключові слова: гідродинамічний процес, імпульсний клапан, машини ударної і вібраційної дії, математична модель, автоколивання, перехідний процес

Annotation. The report devoted to research of hydrodynamic transients in power hydrodrives mining and construction machinery vibration and shock vibration action. In particular, features reasonably functioning and working relationship and basic design parameters automatically governing body – impulse valve that is installed in the hydraulic system.

Keywords: hydrodynamic process, impulse valve, machinery shock and vibration performance, mathematical model, oscillations, transient

Актуальність досліджень

Гідравлічні пристрої ударної та ударно-вібраційної дії широко застосовуються в технологічних машинах, що призначені для руйнування гірських порід, міцних і мерзлих ґрунтів, будівельних матеріалів тощо. На даний час відомо цілий ряд пристроїв ударної та ударно-вібраційної дії (У та УВД), в основу яких закладені різні принципові схеми. Найбільшого поширення набули гідравлічні пристрої з керованою камерою робочого ходу і підпружиненим робочим органом. Як показали експериментальні дослідження та практичне застосування гідравлічні пристрої У та УВД з керованою камерою робочого ходу забезпечують відносно високий коефіцієнт корисної дії [1, 3, 4].

Однак широке практичне застосування подібного устаткування з керованою камерою робочого ходу стримується використанням спрощених інженерних методик розрахунку, які не повною мірою враховують особливості робочого циклу і фактори, що впливають на формування конструктивних і режимних параметрів. У зв'язку з цим, в НДІ гідродинаміки ВНТУ проводяться теоретичні та експериментальні дослідження, що присвячені розробленню теоретичних основ гідродинамічних процесів у приводах гідравлічних пристроїв У та УВД, які можуть бути покладені в основу їх математичних моделей та методик інженерного розрахунку, а також для подальшого обґрунтування конструктивних і режимних параметрів відповідного технологічного устаткування гірничих та дорожньо-будівельних машин з керованою камерою робочого ходу є актуальною.

Мета роботи

Дослідження гідродинамічних перехідних процесів у силовому гідроприводі, обґрунтування параметрів основного автоматичного керівного органу – імпульсного клапана, що встановлений у гідросистемі і призначений для формування характеру зовнішньої сили, що діє на виконавчий орган робочого гідроциліндра, а також для регулювання надходження енергії в коливальну систему [2, 3].

Виклад основного матеріалу

Імпульсний клапан включає основний запірно-розподільний елемент, що здійснює періодичне сполучення напірної магістралі із зливом в результаті дії на нього змінного потоку робочої рідини, що

генерується проміжним керівним запірно-розподільним елементом – клапаном першого каскаду, що має спеціальну конструкцію. Таким чином, клапан першого каскаду є найважливішим елементом, що зумовлює закономірності функціонування всього автоматичного керівного розподільного органу в цілому.

Для аналізу коливального процесу запірно-розподільного елемента імпульсного клапана застосовувались основи загальної теорії автоколивань, але вони розвинені в основному стосовно генераторів електромагнітних коливань і для застосування умов виникнення та існування періодичних коливань гідравлічного запірно-розподільного елемента, що здійснює попереми́нне з'єднання напірної і зливної магістралей потребували суттєвого вдосконалення.

На підставі принципу д'Аламбера було складено диференціальне рівняння руху рухомої маси – запірно-розподільного елемента імпульсного клапана, а також розглянуте рівняння нерозривності потоку робочої рідини, що протікає у порожнинах досліджуваного пристрою, які після ряду математичних перетворень були в кінцевому вигляді зведені до характеристичного рівняння у наступному канонічному вигляді:

$$a_0 S^3 + a_1 S^2 + a_2 S + a_3 = 0, \quad (1)$$

$$\text{де } a_0 = 1; \quad a_1 = \frac{\alpha_1}{m_1}; \quad a_2 = \frac{c_{\text{сум}}}{m_1}; \quad \Delta_2 = \frac{\alpha_1 c_{\text{сум}}}{m_1 m_1} - \frac{\pi}{4} \frac{\Delta Q}{m_1 W_r \beta} \left(D_2^2 - \frac{D_2^2 - D_1^2}{K} \right) > 0. \quad (2)$$

Оскільки, коефіцієнти рівняння (1) додатні, то даний перехідний процес має коливальний характер [3].

З критеріїв А. Гурвіца [3] впливає умова стійкості цього процесу:

$$a_0 > 0; \quad \Delta_1 = a_1 > 0; \quad \Delta_2 = (a_1 a_2 - a_0 a_3) > 0$$

$$\Delta_3 = \begin{bmatrix} a_1 & a_3 & 0 \\ a_0 & a_2 & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 \end{bmatrix} = a_3 \Delta_2 > 0, \text{ звідки } a_3 > 0;$$

$$a_0 = 1 > 0; \quad \Delta_1 = a_1 = \frac{\alpha_1}{m_1} > 0; \quad \Delta_2 = \frac{\alpha_1 c_{\text{сум}}}{m_1 m_1} - \frac{\pi}{4} \frac{\Delta Q}{m_1 W_r \beta} \left(D_2^2 - \frac{D_2^2 - D_1^2}{K} \right) > 0.$$

Перетворимо останнє алгебраїчне рівняння до вигляду

$$\alpha_1 \left[c_1 W_r \beta \left(D_2^2 - \frac{D_2^2 - D_1^2}{K} \right) + \frac{\pi^2}{16} D_2^2 \left(D_2^2 - \frac{D_2^2 - D_1^2}{K} \right)^2 \right] / m_1 \pi \Delta Q > 1. \quad (3)$$

При виконанні умови (3) дана динамічна система буде мати безперервний коливальний процес, що сприятиме циклічному функціонуванню гідросистеми.

Наведені у виразах (1-3) умовні позначення складових відображають основні конструктивні і привідні параметри привідної гідросистеми та імпульсного клапана.

Висновок

Автоколивання запірно-регулювального органу виникають за рахунок неперіодичного джерела енергії – постійного потоку робочої рідини, що поступає під тиском від приводного гідронасоса, і обумовлені внутрішніми зв'язками і взаємодіями в самій системі. В динамічній системі виникає змінна сила, яка підтримує періодичний зворотно-поступальний рух запірно-розподільного елемента імпульсного клапана і виконавчого робочого органу гідроциліндра технологічної машини ударної чи вібраційної дії.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Иванов М.Е. Гидропривод сваепогружающих и грунтоуплотняющих машин / М. Е. Иванов, И.Б. Матвеев, Р.Д. Искович-Лотоцкий, В.А. Пишенин, И.В. Коц И.В. – М.: Машиностроение. – 1977. – 174 с.

2. А.с. (СССР) № 1046495 , МПК₃ Е 21 С 3/20; Гидравлическая бурильная машина ударного действия / Пономарчук А.Ф., Бовдуй Б.Г., Коц И.В., Алексеев Г.М., Гуливец А.А. ; заявитель – Винницкий политехнический институт. – № 3443552/22; заявл. 18.05.1982; опубл. 07.10.1983 - Бюл. №37.

3. Коц И.В. Разработка и исследование клапанов-пульсаторов для гидравлических приводов вибрационных и ударно-вибрационных узлов горных машин. – Дис... канд. техн. наук: 05.02.03. – Винница, 1994. – 227 с.

4. Ушаков Л. С. Гидравлические машины ударного действия / Л.С. Ушаков, Ю.Е. Котылев, В.А. Кравченко. – М. : Машиностроение, 2000. – 415 с.

Іван Васильович Коц – канд. техн. наук, професор кафедри теплогазопостачання, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: ivkots@i.ua

Ivan V. Kots – Ph. D., Professor of Heat and Gas Supply Department, Faculty for Civil Engineering, Thermal Power Engineering and Gas Supply, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: ivkots@i.ua