

ДИНАМІЧНА ТА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛІ ГІДРОІМПУЛЬСНОГО ВІБРАТОРА – ГІДРОЦИЛІНДРА (ГІВ – ГЦ) НА БАЗІ КІЛЬЦЕВИХ ПРУЖИН (КП)

Вінницький національний технічний університет

Анотація

В доповіді розглянуто динамічну та математичну моделі малогабаритного гідроімпульсного вібратора – гідроциліндра на базі кільцевих пружин, гідравлічна ланка гідроімпульсного привода якого представлена як тіло Кельвіна – Фойгта.

Ключові слова: вібрації, генератор імпульсів тиску, гідроімпульсний привод, гідроциліндр, динамічна модель, кільцева пружина, математична модель.

Abstract

The report examines the dynamic and mathematical model of a small-sized hydroimpulse vibrator - a hydraulic cylinder based on annular springs, the hydraulic link of which is represented as a Kelvin-Voigt body.

Keywords: vibrations, pressure pulse generator, hydraulic impulse drive, hydraulic cylinder, dynamic model, ring spring, mathematical model.

Вступ

На основі розроблених у ВНТУ [1 – 7] принципів побудови гідроімпульсних пристроїв (ГІП), оснащених пружними елементами високої жорсткості (ПЕВЖ), таких як прорізні (ПП) або кільцеві (КП) пружини, або вбудованих в розподільні елементи генераторів імпульсів тиску (ГІТ) ГІП ПП чи КП, створено ряд малогабаритних, достатньо потужних, гідроімпульсних вібраторів – гідроциліндрів (ГІВ – ГЦ), силові елементи яких – плунжери чи поршні, суміщені з розподільними елементами параметричного однокаскадного ГІТ підвищеної пропускної здатності [8, 9]. Область використання ГІВ – ГЦ – основна ланки гідроімпульсного привода вібраційних (ВМ) і віброударних (ВУМ) технологічних машин або використання цих вібраторів як окремого вібраційного обладнання, наприклад, у будівельній галузі, чи для інтенсифікації різноманітних технологічних процесів, що ґрунтуються на застосуванні вібраційних технологій.

Для розроблення науково-обґрунтованої методики проектного розрахунку необхідні теоретичні та експериментальні дослідження динаміки ГІВ – ГЦ. В доповіді розглянуто розроблено динамічну модель ГІВ – ГЦ на базі КП, на основі якої та обґрунтованих припущень побудовано та проаналізовано математичну модель вібратора.

Результати дослідження

Ідеалізована динамічна модель ГІВ – ГЦ побудована на основі конструктивної схеми вібратора (детально розглянута в доповіді на НТК ВНТУ в 2020 році), орієнтовної циклограми його робочого циклу та гідравлічної ланки (ГЛ) гідроімпульсного привода ГІВ – ГЦ у вигляді тіла Кельвіна – Фойгта [2 – 4]. З рухомими масами ГІВ – ГЦ (маса плунжера вібратора m_1 та маса m_2 запірної елемента другого ступеня герметизації ГІТ) ГЛ взаємодіє через передатні відношення $u_{oj} = A_j^2 \cdot A_0^{-2}$, де A_j , A_0 – відповідно, площа j -го поперечного перерізу рухомої ланки вібратора чи його ГІТ та усереднена площа поперечного перерізу усередненої гідролінії, до якої зведені всі напірні гідроканали та гідролінії напірної порожнини ГІВ – ГЦ. ГЛ у вигляді тіла Кельвіна – Фойгта є трубою з площею поперечного перерізу $A_0 = const$ та довжиною $L_0 = \sum_{i=1}^{i=n} l_i = const$ (довжина поперечного перерізу i -го гідроканала чи гідролінії напірної порожнини гідросистеми вібратора) в якій робоча рідина (енергоносій) за законом Гука для рідини змінно деформується протягом робочого циклу ГІВ – ГЦ, причому змінною є тільки лінійна деформація, оскільки $A_0 = const$. Деформація ГЛ приводить у вібраційний рух з регульованими частотою та амплітудою рухомі маси m_1 і m_2 ГІВ – ГЦ.

Способом розчленування вихідна динамічна модель ГІВ – ГЦ розділена на чотири прості динамічні моделі, що характеризують прямий та зворотний ходи мас m_1 і m_2 . На основі цих моделей побудовано математичну модель ГІВ – ГЦ, що складається з диференціальних рівнянь руху мас m_1 і m_2 на шляху їх прямого та зворотного ходів, рівнянь витрати енергоносія та умов однозначності.

За результатами аналізу математичної моделі ГІВ – ГЦ встановлено, що безрозмірна відносна жорсткість системи вібратор – гідроциліндр – ГЛ постійна величина, яка визначається тільки геометричними параметрами усередненої гідролінії ГЛ та першого і другого ступенів герметизації ГІТ вібратора, а також здійснена оцінка співвідношення між жорсткостями кільцевих пружин вібратора, за якого забезпечується без ударна та маложумна роботу запірних елементів ГІТ ГІВ – ГЦ.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Іскович-Лотоцький Р. Д. Процеси та машини вібраційних і віброударних технологій : монографія / Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Севостьянов І. В. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця 2006. – 291 с.
2. Іскович-Лотоцький Р. Д. Використання гідроімпульсного привода в обладнанні переробних виробництв : монографія / Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Поліщук О. В. – Вінниця : ВНТУ, 2008. – 116 с.
3. Іскович-Лотоцький Р. Д. Генератори імпульсів тиску для керування гідроімпульсними приводами вібраційних та віброударних технологічних машин : монографія / Іскович-Лотоцький Р. Д., Обертюх Р. Р., Архипчук М. Р. – Вінниця : УНІВЕРСУМ – Вінниця, 2008. – 171 с.
4. Обертюх Р. Р. Пристрої для віброточіння на базі гідроімпульсного привода : монографія / Р. Р. Обертюх, А. В. Слабкий. – Вінниця : ВНТУ, 2015. – 164 с.
5. Обертюх Р. Р. Віброударний пристрій з гідроімпульсним приводом підвищеної швидкодії та ефективності для деформаційного зміцнення поверхонь деталей машин / Обертюх Р. Р., Слабкий А. В., Марущак М. В. // Вісник машинобудування та транспорту, м. Вінниця № 1, 2017. – С. 63 – 71.
6. Обертюх Р. Р. Пристрої для вібраційного різання та деформаційного зміцнення з пружними елементами високої жорсткості / Обертюх Р. Р., Слабкий А. В. // Матеріали (тези) XVI Міжнародної науково-технічної конференції «ВІБРАЦІЇ В ТЕХНІЦІ ТА ТЕХНОЛОГІЯХ» (Вінниця, листопад 2017 р.). – С. 68 – 71.
7. Obertyuh R. R. Method of design calculation of a hydropulse device for strain hardening of materials / Obertyuh R. R., Andriy V. Slabkiy, Mykhailo V. Marushchak, Oleksandr V. Kobylanskyi, Waldemar Wojcik, Gulzada Yerkeldessova, Yerbol Turgynbekov // Przeglad elektrotechniczny Vol 2019, № 4, 65-73.
8. Обертюх Р. Р. Параметричні однокаскадні генератори імпульсів тиску підвищеної пропускної здатності / Обертюх Р. Р., Слабкий А.В., Андрухов С.Р., Кудраш В.О. // Віснику машинобудування та транспорту – №1, 2019. – С. 40 – 48.
9. Пат. 141848 U, Україна, F15B21/00, / (Україна). Однокаскадний генератор імпульсів тиску підвищеної пропускної здатності / Обертюх Р. Р., Слабкий А.В., Поліщук О.В., Кудраш О.В. Заявл. 07.11.2019; – Опубл. 27.04.2020, Бюл. №8/2020, 27.04.2020р.

Обертюх Роман Романович – канд. техн. наук, доцент, професор кафедри Галузевого машинобудування, Вінницький національний технічний університет. e-mail: obertyuh557@gmail.com

Obertyukh Roman Romanovich - Cand. tech. Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Mechanical Engineering, Vinnytsia National Technical University. e-mail: obertyuh557@gmail.com