

Описано експериментальну установку та наведено результати експериментальних досліджень впливу робочих параметрів об'ємного гідроагрегату на коефіцієнт гасіння гасителя пульсацій тиску. Отримано лінійну модель коефіцієнта гасіння. Доведено ефективність його використання

Ключові слова: гаситель пульсацій тиску, гідроагрегат, шумові характеристики

Описана экспериментальная установка и приведены результаты экспериментальных исследований влияния рабочих параметров объемного гидроагрегата на коэффициент гашения гасителя пульсаций давления. Получена линейная модель коэффициента гашения. Доказана эффективность его использования

Ключевые слова: гаситель пульсаций давления, гидроагрегат, шумовые характеристики

The experimental setting is described and results over of experimental researches of influence of operating parameters of by volume hydroelectric generator are brought on the coefficient of extinguishing of extinguisher of pulsations of pressure. The linear model of coefficient of extinguishing is got. Efficiency of its use is proved

Key words: extinguisher of pulsations of pressure, hydroelectric generator, noise descriptions

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНОГО ГАСИТЕЛЯ ПУЛЬСАЦІЙ ТИСКУ З АВТОМАТИЧНИМ ПІДСТРОЮВАННЯМ ПАРАМЕТРІВ

П.М. Андренко

Доктор технічних наук, професор
Кафедра «Гідропневмоавтоматика і гідропривод»
Національний технічний університет «Харківський
політехнічний інститут»
вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002
Контактний тел. (057) 707-61-28

М.С. Свиначенко

Асистент
Харківський державний технічний університет будівництва
та архітектури
вул. Сумська, 40, м. Харків, 61002
Контактний тел. (057) 700-02-46
E – mail: m_a_k_s_i_m@ua.fm

1. Вступ

Застосування гідравлічних пасивних гасителів пульсацій тиску (ГПТ) в сучасних об'ємних гідроагрегатах (ГА) дозволяє підвищити їх робочі та експлуатаційні характеристики за рахунок зменшення шуму і вібрації, що виникають при їх роботі, значення яких регламентовано відповідними ДСТУ, підвищити надійність ГА за рахунок зменшення пульсацій тиску робочої рідини (РР) та інші показники технічного рівня. Вони легко вбудовуються в сучасні ГА, мають просту конструкцію та малу собівартість. Серед усіх ГПТ, аналіз конструктивних схем яких зроблено нами в [1], найбільше розповсюдження отримали пасивні ГПТ. Вони, при достатньо високих коефіцієнтах гасіння пульсацій тиску РР, найбільш повно задовольняють вимогам енергозбереження і мають високу надійність. Для підвищення ефективності застосування ГПТ в ГА нами розроблений ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів [2].

2. Аналіз літературних джерел

Методам проектування та дослідження ГПТ присвячені роботи Шоріна В.П., Глазкова М.М., Лур'є З.Я., Фінкельштейна З.Л., Kolleka W. та ін. Так в роботі [3] наведено конструктивні схеми ГПТ РР різних типів, математичні моделі їх робочих процесів, описані фізичні процеси, що відбуваються в них, і результати експериментальних досліджень. Однак, в ній не розглядаються ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів, не встановлено вплив робочих параметрів ГА на коефіцієнт гасіння. В роботах [4, 5], як і інших публікаціях W. Kolleka, наведені конструктивні схеми гасителів різних типів, визначено діапазон їх ефективного використання в ГА, експериментальним шляхом визначено вплив частоти пульсацій РР на коефіцієнт гасіння ГПТ. Однак в роботах W. Kolleka не розглядаються ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів. В статті [6] наведені результати експериментальних досліджень ГПТ. Однак, в ній розглядаються ГПТ

які не містять пружних елементів. Проведений нами аналіз літературних джерел дозволив встановити, що експериментальні дослідження, щодо впливу робочих параметрів ГА на коефіцієнт гасіння ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів не знайшло в них належного висвітлення. Отже, дослідження впливу робочих параметрів ГА на коефіцієнт гасіння ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів є актуальним науковим завданням, вирішення якого відкриває шлях до їх удосконалення.

3. Задачі дослідження

Метою даної статті є: встановлення впливу робочих параметрів ГА на коефіцієнт гасіння ГПТ; отримання лінійної моделі коефіцієнта гасіння; встановлення впливу ГПТ на шумові характеристики ГА; перевірка адекватності розробленої лінійної моделі натурному зразку.

4. Експериментальні дослідження

Вони проводилися на лабораторному стенді кафедри “Гідропневмоавтоматика і гідропривод” НТУ “ХПІ” (рис. 1, 2).

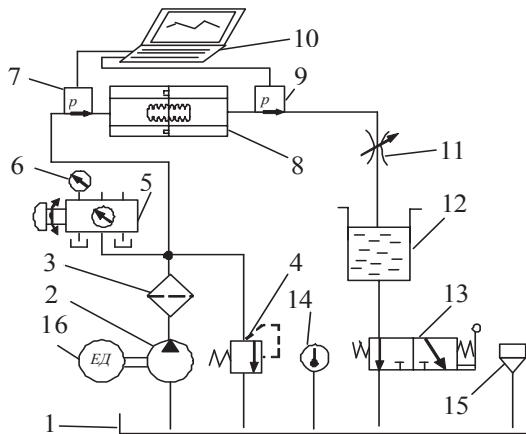


Рис. 1. Схема експериментального стенда для дослідження впливу робочих параметрів ГА на коефіцієнт гасіння пульсацій тиску ГПТ: 1 – бак; 2 – об’ємний насос типу Г12–31М; 3 – фільтр 8–80–1К; 4 – гідравлічний клапан тиску ПГ54–32М; 5 – кран перемикання манометрів; 6 – зразковий манометр (МО); 7, 9 – перетворювачі тиску типу ПД/20/2; 8 – досліджуваний ГПТ; 10 – багатоканальний вимірювальний комплект, створений на базі ноутбука; 11 – регульований дросель ПГ77–12; 12 – вимірювальний бак; 13 – гідророзподільник; 14 – термометр; 15 – заливна горловина; 16 – електродвигун

Досліджували ГА з дослідним зразком ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів. При експериментальних дослідженнях в якості РР використовували масло ІГП-30, характеристики якого наведені у роботі [7]. При проведенні усіх серій експериментів, температура РР була постійною та рівною 50 – 55 °С. Доведення температури РР до 50 – 55 °С досягалось шляхом її пропускання через запобіжний клапан,

який працював у переливному режимі. При монтажі експериментальної установки, для виключення підсмоктування повітря, особливу увагу приділяли ущільненням.

Вміст нерозчиненого повітря у РР визначали шляхом порівняння об’єму її контрольних відбирань взятих до та після проведення експериментів. Електронна апаратура підключалась згідно з інструкцією з експлуатації. Тиск зливу з ГА був постійним та дорівнював атмосферному.

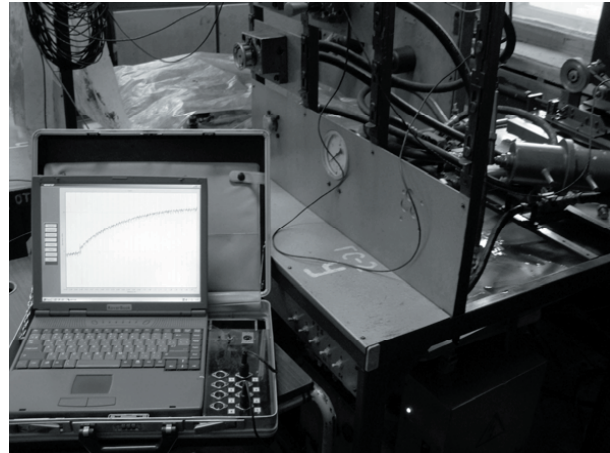


Рис. 2. Фотографія експериментального стенда

Прилади, датчики та апаратуру, що реєструє, вибирали таким чином, щоб вони задовольняли вимогам точності. Для виміру статичного тиску, витрати, температури, шуму використовували стандартні прилади і методи. Монтаж вимірювальної апаратури здійснювали згідно відповідних інструкцій. Статичний тиск вимірювали зразковими манометрами, а температуру – термометром. Витрату РР вимірювали за допомогою мірного баку та секундоміру. Для виміру шуму використовували точний імпульсний шумомір типу 00 024. Для вимірювання пульсацій тиску в ГА використовували перетворювачі тиску ПД.20/2, похибка вимірювань яких складала ± 0,5%, а частота пропускання становила 1200 Гц.

Реєстрацію сигналів здійснювали за допомогою багатоканального вимірювального комплексу, створеного на базі ноутбука. Тарувальні характеристики датчиків тиску знімали, як на спеціальному тарувальному пресі, так і безпосередньо на експериментальному стенді.

Ефективність ГПТ оцінювали коефіцієнтом гасіння

$$k_r(t) = \Delta p_{вх}(t) / \Delta p_{вих}(t), \tag{1}$$

де $\Delta p_{вх}(t)$ і $\Delta p_{вих}(t)$ – відповідно амплітуди пульсацій тиску на вході та виході ГПТ.

При експериментальних дослідженнях ГПТ для зменшення кількості дослідів здійснювали їх планування. Проводили трьохфакторний активний експеримент. Використовували плани другого порядку, які складала за методикою, наведеною у роботі [8], при цьому експерименти проводили таким чином, щоб кожний фактор варіювався на трьох рівнях. На першому етапі проводили кодування факторів згідно з табл. 1.

Таблиця 1

Кодування факторів

| Інтервал варіювання та рівень факторів | Рівень тиску на виході з насоса, МПа | Витрата через ГПТ (на виході з насоса), см ³ /с | Частота | |
|--|--------------------------------------|--|---------------------------------------|----------------------|
| | | | обертання вала електро-двигуна, об/хв | пульсацій тиску, 1/с |
| Нульовий рівень, $x_i = 0$ | 0,9 | 45 | 1230 | 246 |
| Інтервал варіювання, δ_i | 0,26 | 25 | 270 | 54 |
| Нижній рівень, $x_i = -1$ | 0,64 | 20 | 960 | 192 |
| Верхній рівень, $x_i = +1$ | 1,16 | 70 | 1500 | 300 |
| Кодове позначення | x_1 | x_2 | - | x_3 |

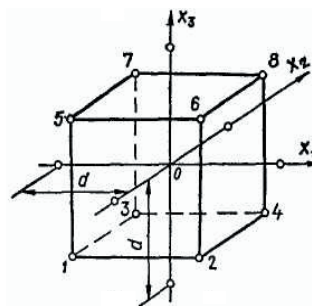


Рис. 3. Побудова плану експерименту

Зв'язок між кодовим та натуральним виразами факторів здійснювали за формулою

$$x_i = \frac{X_i - x_{i0}}{\delta_i}, \tag{2}$$

де X_i – натуральне значення фактора; x_{i0} – значення i -го фактора на нульовому рівні; δ_i – інтервал варіювання i -го фактора.

На другому етапі здійснювали рандомізацію дослідів, для чого використовували таблицю випадкових чисел з роботи [9]. Отримали таку послідовність проведення дослідів: 2, 3, 1, 2, 4, 1, 3, 4, ... Зауважимо, що паралельні досліді передбачалися для оцінки відтворення дослідів та визначення статистичних оцінок.

На третьому етапі реалізували серію експериментів для побудови лінійної моделі коефіцієнта гасіння ГПТ. При трьох змінних параметрах (рис. 3) ставили експеримент в точках 2, 3, 5 і 8. Потім ставили експеримент в центрі та перевіряли гіпотезу адекватності. Так як модель виявилася адекватною, тому далі проводили експеримент в декількох точках, розташованих на відстані d від центру (зіркові точки).

Зауважимо, що якби модель виявилася неадекватною, то необхідно було б проводити повний факторний експеримент.

Для нашого випадку $k = 3$: загальна кількість дослідів $n = 15$ та $d = 1,2154$ [8]. Побудували ортогональний план другого порядку для трьохфакторного експерименту (табл. 2), де u позначено коефіцієнт гасіння пульсацій тиску ГПТ.

В першій серії експериментів досліджували ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів. Включали асинхронний електродвигун 16, з постійною частотою обертання, який обертає вал об'ємного насоса 2. За допомогою запобіжного клапана 4 встановлювали тиск на вході в ГА, який змінювали у діапазоні від 0,6 до 1,4 МПа, а дроселем 11 – навантаження. Реєстрували пульсації тиску перед та за ГПТ 8. Змінювали тиск і навантаження в ГА та реєстрували пульсації тиску перед та за ГПТ 8. Змінювали асинхронний електродвигун 16 (з іншою частотою обертання) та повторювали досліді. Використовували асинхронні електродвигуни з постійною частотою обертання: 960, 1230 і 1500 об/хв. Отримали осцилограми пульсацій тиску на вході і виході ГПТ, деякі з яких наведено на рис. 4 – 6. З експериментально отриманих осцилограм за формулою (1) визначали коефіцієнт гасіння ГПТ.

Таблиця 2

Центральне композиційне ортогональне планування експерименту другого порядку

| Дослід | x_0 | x_1 | x_2 | x_3 | $x_1^2 - 11/15$ | $x_2^2 - 11/15$ | $x_3^2 - 11/15$ | x_1x_2 | x_1x_3 | x_2x_3 | u |
|--------------------|-------|--------|--------|--------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|----------|----------|------|
| Планування типу 23 | +1 | -1 | -1 | -1 | 4/15 | 4/15 | 4/15 | +1 | +1 | +1 | 2,5 |
| | +1 | +1 | -1 | -1 | 4/15 | 4/15 | 4/15 | -1 | -1 | +1 | 2,75 |
| | +1 | -1 | +1 | -1 | 4/15 | 4/15 | 4/15 | -1 | +1 | -1 | 2,4 |
| | +1 | +1 | +1 | -1 | 4/15 | 4/15 | 4/15 | +1 | -1 | -1 | 2,7 |
| | +1 | -1 | -1 | +1 | 4/15 | 4/15 | 4/15 | +1 | -1 | +1 | 1,8 |
| | +1 | +1 | -1 | +1 | 4/15 | 4/15 | 4/15 | -1 | +1 | -1 | 1,75 |
| | +1 | -1 | +1 | +1 | 4/15 | 4/15 | 4/15 | -1 | -1 | +1 | 1,65 |
| | +1 | +1 | +1 | +1 | 4/15 | 4/15 | 4/15 | +1 | +1 | +1 | 1,7 |
| Зіркові точки | +1 | -1,215 | 0 | 0 | 23/30 | -11/15 | -11/15 | 0 | 0 | 0 | 1,6 |
| | +1 | +1,215 | 0 | 0 | 23/30 | -11/15 | -11/15 | 0 | 0 | 0 | 1,9 |
| | +1 | 0 | -1,215 | 0 | -11/15 | 23/30 | -11/15 | 0 | 0 | 0 | 2,3 |
| | +1 | 0 | +1,215 | 0 | -11/15 | 23/30 | -11/15 | 0 | 0 | 0 | 2,1 |
| | +1 | 0 | 0 | -1,215 | -11/15 | -11/15 | 23/30 | 0 | 0 | 0 | 2,0 |
| Нульова точка | +1 | 0 | 0 | 0 | -11/15 | -11/15 | -11/15 | 0 | 0 | 0 | 1,8 |

В другій серії експериментів досліджували ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів (з сильфонами) та звичайний ГПТ (без сильфонів). Причому в останній замість сильфонів вставляли шпильки діаметром, що дорівнює середньому діаметру сильфона, та довжиною, що дорівнює довжині сильфона. Це дозволило отримати рівні початкові об'єми проточних порожнин ГПТ.

Використовували електродвигун 16, з постійною частотою обертання, що дорівнює 1500 об/хв. Деякі осцилограми пульсацій тиску для цієї серії експериментів наведені на рис. 6 – 7.

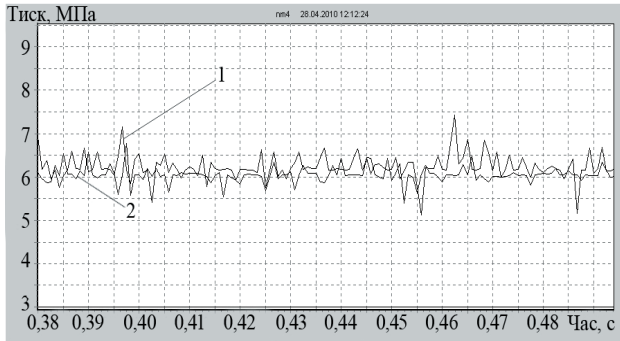


Рис. 4. Осцилограмми пульсацій тиску на вході – 1 і на виході – 2 ГПТ: $q = 45 \text{ см}^3/\text{с}$; $f = 246 \text{ 1/с}$ ($n = 1230 \text{ об/хв}$); $k_r = 1,9$

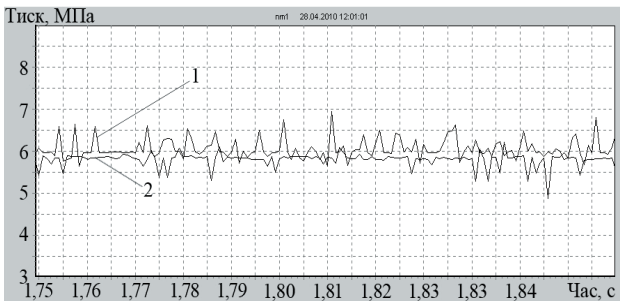


Рис. 5. Осцилограмми пульсацій тиску на вході – 1 і на виході – 2 ГПТ: $q = 60 \text{ см}^3/\text{с}$; $f = 192 \text{ 1/с}$ ($n = 960 \text{ об/хв}$); $k_r = 2,5$

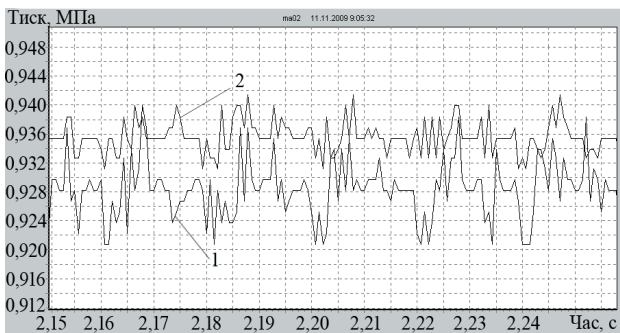


Рис. 6. Осцилограмми пульсацій тиску на вході – 1 і на виході – 2 ГПТ: $q = 45 \text{ см}^3/\text{с}$; $f = 300 \text{ 1/с}$ ($n = 1500 \text{ об/хв}$); $k_r = 1,78$

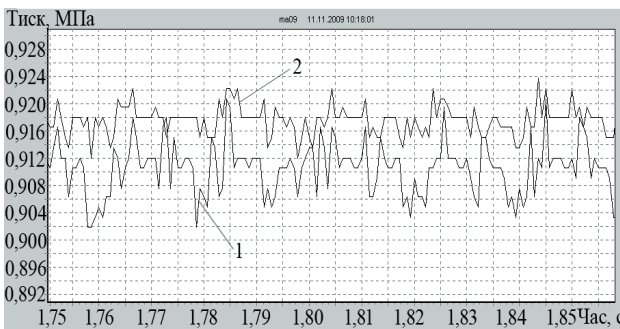


Рис. 7. Осцилограмми пульсацій тиску на вході – 1 і на виході – 2 ГПТ: $q = 45 \text{ см}^3/\text{с}$; $f = 300 \text{ 1/с}$ ($n = 1500 \text{ об/хв}$); $k_r = 1,5$

За результатами експерименту заповнювали останній стовпчик табл. 2, де замість у підставляли його значення – коефіцієнт гасіння ГПТ, отриманий за результатами обробки експериментально отриманих осцилограм пульсацій тиску. У загальному випадку функція лінійної моделі коефіцієнта гасіння ГПТ (функція відгуку) визначається поліномом [8]

$$y = b_0 + \sum_{i=1}^k b_i x_i + \sum_{i<j} b_{ij} x_i x_j + \sum_{i=1}^k b_{ii} x_i^2 + \dots, \quad (3)$$

де b_0, b_i, b_{ij}, b_{ii} – коефіцієнти регресії, які визначаються за результатами експериментів за формулами:

$$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^n \bar{y}_u}{n}; \quad b_i = \frac{\sum_{u=1}^n x_{iu} \bar{y}_u}{n}; \quad b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^n x_{iu} x_{ju} \bar{y}_u}{n},$$

де i – номер стовпця в матриці планування експерименту; \bar{y}_u – середнє значення вихідної величини (коефіцієнта гасіння ГПТ) в одній серії дослідів; u – u -те сполучення рівнів факторів.

Розрахунок похибок вимірювання здійснювався з використанням статистичних методів. Виключали грубі вимірювання, використовуючи критерій Стюдента, і оцінювали дисперсію відтворення вихідного сигналу. Перевірка адекватності даних, отриманих за допомогою математичних моделей, з експериментальними, проводилась за критерієм Фішера.

Проведені розрахунки похибок вимірювань дозволили встановити, що виміри проводилися з відносною середньою квадратичною похибкою, яка при вимірюванні нестационарного тиску складає – 2,94%, а витрати – 1,12%. Причому з імовірністю, яка дорівнює 0,95, можна стверджувати, що значення вимірюваних величин знаходиться у довірчому інтервалі, при якому максимальне відхилення від їх середнього вимірюваного значення не більше: для тиску та пульсацій тиску – 5,5%; витрати – 4,3%.

Аналіз осцилограм пульсацій тиску на вході і виході ГПТ показав, що в ньому відбувається невелике відставання вихідних пульсацій від вхідних (зсув по фазі 600), а втрати тиску незначні.

В результаті обробки експериментальних даних отримали лінійну модель коефіцієнта гасіння ГПТ

$$k_r = 1,767 + 0,128x_1 - 0,054x_2 - 0,339x_3 + 0,019x_1x_2 - 0,069x_1x_3 - 0,006x_2x_3 - 0,008x_1^2 + 0,306x_2^2 + 0,086x_3^2. \quad (4)$$

Розрахунки дисперсії коефіцієнтів регресії (4) показали, що вона знаходиться в межах 0,002 – 0,5. Таким чином, точність розробленої лінійної моделі коефіцієнта гасіння ГПТ достатньо висока. За критерієм Кохрена перевіряли відтворення процесу. Встановлено, що умова відтворення процесу виконується. За критерієм Фішера перевіряли адекватність лінійної моделі. Критерій Фішера F становить 3,004, а табличне значення критерію Фішера $F_{таб} = 3,2874$ [8]. Таким чином, отримана лінійна модель – адекватна.

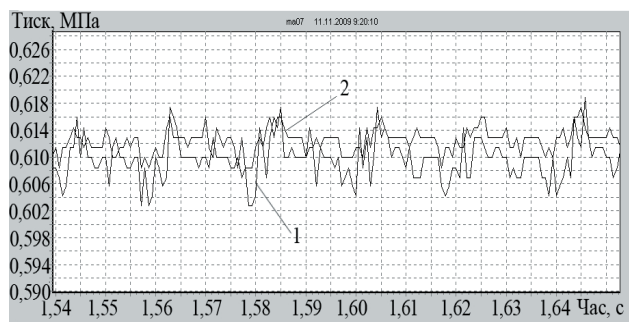
Використовували формулу (2) та з залежності (4) отримали значення коефіцієнта гасіння ГПТ через натуральні значення факторів

$$k_r = 1,601 + 0,57p_n - 0,005q_n - 0,001f + 0,003p_n q_n - 0,118p_n^2, \quad (5)$$

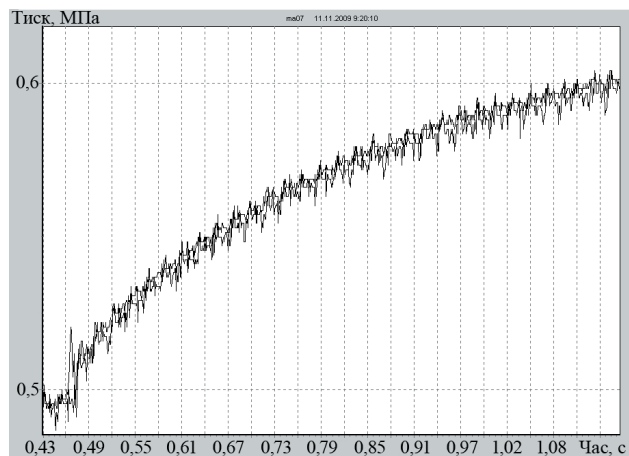
де p_n – тиск на виході з насоса, МПа; q_n – витрата через ГПТ (на виході з насоса), $\text{см}^3/\text{с}$; f – частота пульсацій тиску, $1/\text{с}$.

5. Ефективність ГПТ

Співставлення результатів дослідження звичайних (без сильфонів) ГПТ (рис. 7) та ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів (рис. 6), отриманих при однакових умовах, показало, що коефіцієнт гасіння у розробленого ГПТ більш ніж на 20 % більший. Таким чином, експериментальним шляхом доведено ефективність використання в об'ємних ГА розробленого ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів. Відмітимо, що гасіння пульсацій тиску в ГА відбувається і при перехідному процесі (рис. 8).



а)



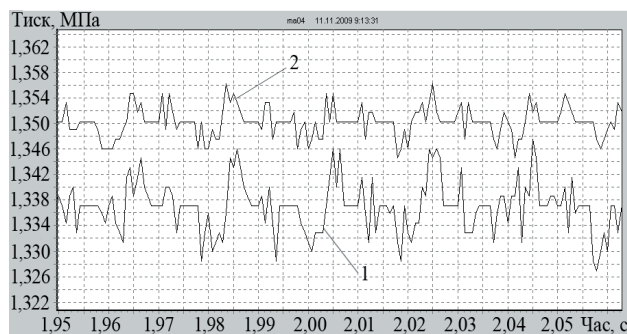
б)

Рис. 8. Осцилограми пульсацій тиску на вході – 1 і на виході – 2 ГПТ: $q = 20 \text{ см}^3/\text{с}$; $f = 300 \text{ 1/с}$ ($n = 1500 \text{ об/хв}$); $k_g = 1,75$: а – в установившому режимі; б – при перехідному процесі

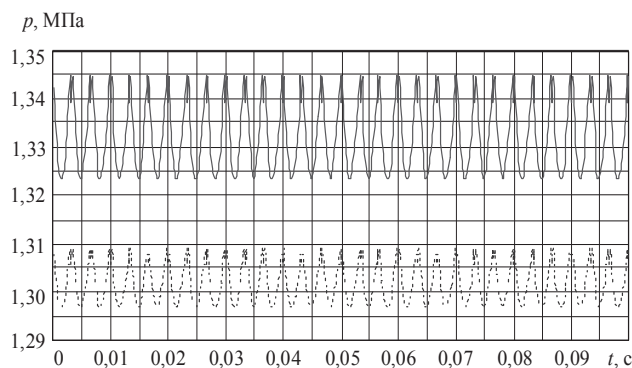
6. Порівняння експериментальних осцилограм з теоретичними

Їх проводили в пакеті прикладних програм Matchcad, де моделювали робочі процеси в експериментальному стенді з ГПТ. Використовували розроблену математичну модель ГПТ [10]. Пульсації витрати на виході з насоса, враховуючи, що стенд містить пластинчатий

насос, моделювали згідно з його математичною моделлю, наведеною в роботі [11]. Задавали опір гідравлічної системи стенда та отримали пульсації тиску на виході з насоса. Теоретична осцилограма пульсацій тиску в ГПТ (рис. 9, б) отримана при параметрах ГА, що відповідають осцилограмі (рис. 9, а), отриманій експериментальним шляхом. Відмінність форм пульсацій тиску на виході з насоса та ГПТ можна пояснити спрацюванням насоса. Цей висновок співпадає з експериментальними даними пульсацій тиску на виході з насоса, наведеними в роботі [12]. Крім того, монтаж гідравлічної апаратури та ГПТ на стенді здійснювався шлангами, модуль пружності яких в математичних моделях не враховано. Порівняння теоретичних і експериментальних даних дозволяє зробити висновок про їх достатню добру збіжність. Коефіцієнт гасіння з теоретичної осцилограми дорівнює 1,645, а з експериментальної – 1,69. Похибка становить 2,74%.



а)



б)

Рис. 9. Осцилограми пульсацій тиску на вході – 1 і на виході – 2 ГПТ: $q = 64 \text{ см}^3/\text{с}$; $f = 300 \text{ 1/с}$ ($n = 1500 \text{ об/хв}$): а – експериментальна; б – теоретична

7. Шумові характеристики ГПТ

Їх визначення і розрахунок проводили у відповідності з методиками, наведеними в роботах [7, 13]. Згідно цих методик вимірювання у вільному звуковому полі над звуковідбивною площиною забезпечує отримання максимального середнього квадратичного відхилення рівнів звукової потужності у смугах частот та корегованого характеристиці А звукової потужності за ГОСТ 22941–79. Випробування проводили в лабораторії кафедри гідропневмоавтоматики і гідроприводу

НТУ “ХПІ” площею $A_{пр}=186 \text{ м}^2$. Вимірювання рівня шуму здійснювали за допомогою точного імпульсного шумоміру 00 024. В якості поверхні вимірювання, яка оточує джерело шуму та закінчується на звуковідбивній площині, приймали напівсферу з $r = 1 \text{ м}$. Кількість вимірювальних точок на поверхні півсфери дорівнювала 4. Координати точок вимірювання показані на рис. 10.

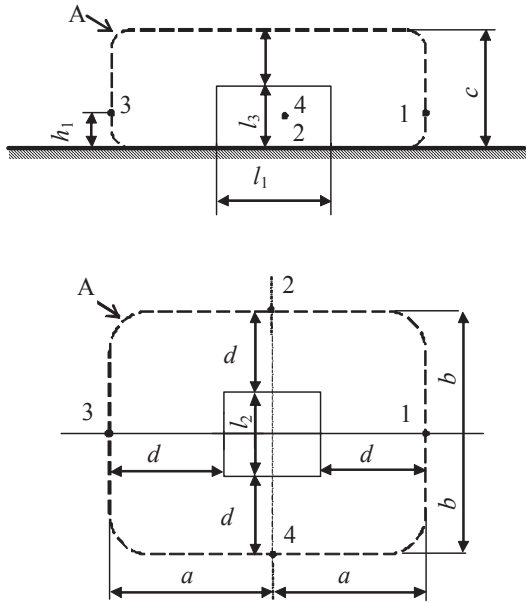


Рис. 10. Координати точок вимірювання:

A – вимірювальна поверхня шуму; 1...4 – точки вимірювання; l_1, l_2, l_3 – розміри огинаючого джерела; a, b, c – розміри, що характеризують вимірювальну поверхню, $a = b = c = r = 1 \text{ м}$

Площу вимірювальної поверхні розраховували за залежністю

$$A = 2\pi r^2,$$

де r – радіус напівсфери, $r = 1 \text{ м}$.

Шумоміром вимірювали сумарний рівень звукового тиску $L_i(\Gamma A)$, працюючого ГА в кожній вимірювальній точці, показаній на рис. 10. Вимірювання здійснювали у точках, розташованих з чотирьох сторін на відстані не менше, ніж 0,15 м від підлоги. Середній рівень звукового тиску $L_m(\Gamma A)$, дБА, працюючого ГА визначали за формулою

$$L_m(\Gamma A) = 10 \lg \sum_{i=1}^n 10^{0,1 L_i(\Gamma A)}, \quad (6)$$

де $L_i(\Gamma A)$ – звуковий тиск, дБА; i – точка вимірювання; n – кількість точок вимірювання, $n = 4$.

Вимірювали шум працюючого ГА* при відсутності течії РР в ГПТ. Шум працюючого ГА є перешкодою, що впливає на визначення шуму ГПТ. Вимірювання рівня звукового тиску $L_i(\Gamma A^*)$ перешкоди дБА проводили в тих же точках. За формулою (6) знаходили середній рівень звукового тиску перешкоди $L_m(\Gamma A^*)$, дБА, та визначали різницю

$$\Delta L = L_m(\Gamma A) - L_m(\Gamma A^*).$$

За різницею ΔL з монограми, операції з децибелами, наведеними в роботі [13], визначили поправку В. Віднімаючи від сумарного середнього рівня звукового тиску $L_m(\Gamma A)$ поправку В, знаходили шуканий рівень шуму ГА з урахуванням перешкоди

$$\tilde{L}_m(\Gamma A) = L_m(\Gamma A) - В.$$

Постійну величину К, яка враховує вплив відбитого звуку, в дБА, розраховували за формулою

$$K = 10 \lg(1 + 4 A/A_{ек}), \quad (7)$$

де A – площа вимірювальної поверхні, $A = 6,28 \text{ м}^2$; $A_{ек}$ – еквівалентна площа звукопоглинання в приміщенні, в м^2 , яку знаходили з залежності

$$A_{ек} = \alpha_n A_{пр},$$

де α_n – середній коефіцієнт звукопоглинання в приміщенні, $\alpha_n = 0,2$; $A_{пр}$ – площа обмежуючих поверхонь в приміщенні, включаючи підлогу, м^2 .

Для нашого випадку: $A_{ек} = 0,2 \cdot 186 = 37,2 \text{ м}^2$. З формули (7) знайшли постійну К, яка враховує вплив відбиття звуку, $K = 2,72 \text{ дБА}$. Приймали $K = 2,7 \text{ дБА}$. Визначали різницю

$$\tilde{\tilde{L}}_m(\Gamma A) = \tilde{L}_m(\Gamma A) - K. \quad (8)$$

Використовували залежність (8) визначали $\tilde{\tilde{L}}_m(\Gamma A)$ для працюючого ГА при течії РР в ГПТ та працюючого ГА* при відсутності течії РР в ГПТ. Корегований рівень звукової потужності L_p , (дБА) обчислювали за формулою

$$L_p = \tilde{\tilde{L}}_m(\Gamma A) + 10 \lg \frac{A}{A_0},$$

де $\tilde{\tilde{L}}_m(\Gamma A)$ – середній рівень звукового тиску з урахуванням поправок або середній рівень звуку на вимірювальній поверхні; A – площа вимірювальної поверхні; A_0 – масштабний коефіцієнт, $A_0 = 1 \text{ м}^2$.

Дослідження шумових характеристик проводили для ГА з гасителем та без нього (замість гасителя в ГА був встановлений трубопровід). Як показали дослідження рівень звуку в ГА без гасителя становив 84 дБА, а при використанні гасителя на 4,5 дБА менше. Таким чином, рівень пульсацій тиску в ГА може бути приблизно оцінено рівнем шуму. Використання гасителів пульсацій тиску в ГА зменшує рівень шуму при їх роботі, а отже покращують один із важливих показників технічного рівня. Отримані результати досліджень шумових характеристик ГА з гасителями пульсацій тиску та без них співпадають з експериментальними даними, отриманими іншими дослідниками, наприклад роботи [14].

8. Висновки

1. Вперше, за результатами експериментальних досліджень, отримана лінійна модель коефіцієнта гасіння ГПТ в залежності від робочих параметрів ГА, яка дозволяє проводити їх раціональний вибір та може бути використана при визначенні оптимальних пара-

метрів ГПТ. Доведена адекватність отриманої лінійної моделі коефіцієнта гасіння ГПТ.

2. Аналіз робочого процесу ГПТ за осцилограмами пульсацій тиску на його вході і виході показав, що в ньому відбувається невелике відставання вихідних пульсацій від вхідних, зсув по фазі становить 60° , а втрати тиску незначні. Коефіцієнт гасіння ГПТ, в значній мірі, залежить від рівня тиску та витрати в ГА.

3. Експериментальним шляхом доведено ефективність використання в об'ємних ГА розробленого ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів. Співставлення коефіцієнтів гасіння звичайних ГПТ без сильфонів та ГПТ з автоматичним підстроюванням параметрів, отриманих при однакових умовах, показало, що коефіцієнт гасіння у розробленого ГПТ більш ніж на 20% більший.

4. Порівняння експериментально визначених коефіцієнтів гасіння ГПТ з їх значеннями, отриманими за математичною моделлю в зосереджених параметрах за Т і П-подібними схемами зосередження, показало гарний збіг. Похибка не перевищує 5%, чим і визначається правомірність її використання. Відмінність форм пульсацій тиску на виході з насоса та ГПТ, отриманими теоретичним та експериментальним шляхом, можна пояснити спрацюванням насоса.

5. Експериментальним шляхом встановлено, що використання ГПТ в ГА зменшує рівень шуму при їх роботі, а отже покращують один із важливих показників технічного рівня. Отримані результати досліджень шумових характеристик ГА з ГПТ та без них співпадають з експериментальними даними, отриманими іншими дослідниками.

Література

1. Андренко П.М. Аналіз конструктивних особливостей гідравлічних гасників пульсацій тиску / П.М. Андренко, В.В. Клітної, М.С. Свиначенко // Вісник НТУ "ХП". – Харків: НТУ "ХП", 2005. – № 24. С. 3 – 10.
2. Патент 82336 Україна, МПК F16L 55/04. Гаситель коливань рідини в трубопроводі. Патент на винахід / Андренко П.М., Білокінь І.І., Стеценко Ю.М., Свиначенко М.С.; заявник і патентовласник СП ЗАТ "ХЕМЗ – ІРЕС" / – № 200504242; заявл. 04.05.2005; опубл. 10.04.2006. Бюл. № 7.
3. Шорин В.П. Устранение колебаний в авиационных трубопроводах / В.П. Шорин – М.: Машиностроение, 1980. – 156 с.

4. Kollek W. Kształtowanie konstrukcji elementów rozwojem napędów hydraulicznych / W. Kollek // Napędy hydrostatyczny maszyn – rozwój i wytwarzanie. Konferencja naukowo-techniczna, Gdansk, 19 – 20 listopad, 1999. – S. 25 – 38.
5. Kollek W. Możliwości skutecznego tłumienia hałasu układem filtrów akustycznych. / W. Kollek, Z. Kudzma, J. Rutanski. // V Konferencja naukowo-techniczna: Rozwój budowy eksploatacji i badań maszyn roboczych ciekłych. Zakopane, 1992. S. 203 – 208.
6. Андренко П.Н. Экспериментальное исследование многокамерных преобразователей пульсаций / П.Н. Андренко, О.В. Дмитриенко, Ю.Н. Стеценко, К.А. Миронов // Интегрированные технологии та энергосбережения. Харків: ХДПУ. – 2000. – № 4. – С. 72–77.
7. Свешников В.К. Станочные гидроприводы: [справочник] / В.К. Свешников. – М.: Машиностроение, 1995. – 448 с.
8. Винарский М.С. Планирование эксперимента в технических исследованиях / М.С. Винарский, М.В. Лурье. – М.: Техника, 1975. – 168 с.
9. Большев Л.Н. Таблицы математической статистики / Л.Н. Большев, Н.В. Смирнов. – М.: Наука, 1965. – 465 с.
10. Андренко П. Математическая модель гидравлического гасителя пульсаций давления с автоматической подстройкой параметров // П. Андренко, М. Свиначенко / MOTROL: Commission of motorization and energetics in agriculture: Polish Academy of sciences. – Lublin. – 2009. – Vol. 11b. – P. 42 – 49.
11. Объемные гидравлические приводы / [Башта Т.М., Зайченко И.З., Ермаков В.В. и др.]; под ред. Т.М. Башты. – М.: Машиностроение, 1968. – 628 с.
12. Техническая диагностика гидравлических приводов / [Алексеева Т.В., Бабанская В.Т., Башта Т.М. и др.]; под ред. Т.М. Башты. – М.: Машиностроение, 1989. – 264 с.
13. ГОСТ 121026-80. Шум. Определение шумовых характеристик источников шума в свободном звуковом поле над звукоотражающей плоскостью. – М.: Издательство ГОСстандартов, 1980. – 21 с.
14. Kollek W. Untersuchungen der schallemmission von flugzellenpumpe mittels akustische holografie / W. Kollek, E. Gawrys, P. Osinski, J. Rutanski // Innowacje i postęp w Hydraulicie i pneumatyce: piate polsko-niemieckie seminarium, 18–19 wrzesnia, 2003 p. – Warszawa, 2003. – S. 48 – 56.