

Ж. П. Дусанюк, к.т.н., доцент,
О. В. Дерібо, к.т.н., доцент,
М. О. Рудий, студент

Вінницький національний технічний університет

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРИВОДУ МЕХАНІЗМУ ПОВОРОТУ БУРТОУКЛАДАЛЬНОЇ МАШИНИ З УРАХУВАННЯМ НАЯВНОСТІ ДОВГОГО ТРУБОПРОВОДУ В НАПІРНИЙ ГІДРОЛІНІЇ

Механізми повороту, оснащені гідроприводами, використовуються в різних технологічних машинах — сільськогосподарських, будівельно-дорожніх, металургійних та інших. Такий механізм входить і в конструкцію буртоукладальної машини «Комплекс — 65М2В», яка випускається Калинівським виробничим об'єднанням «Харчомаш». Практика експлуатації і дослідження буртоскладальних комплексів показала недостатню надійність гідроприводів механізмів повороту [1]. Це визначає актуальність вивчення динаміки таких приводів і розробки на основі результатів досліджень рекомендацій з підвищення їх ефективності.

В роботі поставлена задача розробки математичної моделі гідроприводу механізму повороту стріли буртоукладального комплексу, яка була б придатна для подальших імітаційних досліджень динамічних характеристик приводу у т. ч. для аналізу впливу хвильових процесів в довгій напірній гідро лінії [2, 3].

Розрахункова схема досліджуваного приводу показана на рисунку 1.

Математична модель складалась за таких припущень: маса стріли і вантажу на ній сконцентровані і знаходяться в центрі стріли; температура, модуль пружності і в'язкість робочої рідини постійні; режим роботи без кавітаційний; тиск на вході в гідромотор рівний тиску рідини у вихідному перетині напірної гідролінії; розподіл швидкостей рідини по перетину гідролінії — рівномірний. З урахуванням прийнятих припущень у математичну модель входять такі рівняння.

1. Рівняння нерозривності потоку рідини у вихідному перетині напірної гідро лінії

$$\frac{q_{нас}}{2\pi} \cdot \frac{d\varphi_{нас}}{dt} - \sigma \cdot p(t;0) - \frac{q_{нас}}{f_{труб} \cdot E_{нас}} \cdot \frac{dp(t;0)}{dt} - v(t;0) \cdot f_{труб} = 0.$$

2. Рівняння хвильового процесу у напірній гідро лінії

$$-\frac{\partial p}{\partial l} = \rho \cdot \frac{\partial v}{\partial t} + \xi \cdot v; \quad -\frac{\partial v}{\partial l} = \frac{1}{E} \times \frac{\partial p}{\partial t}.$$

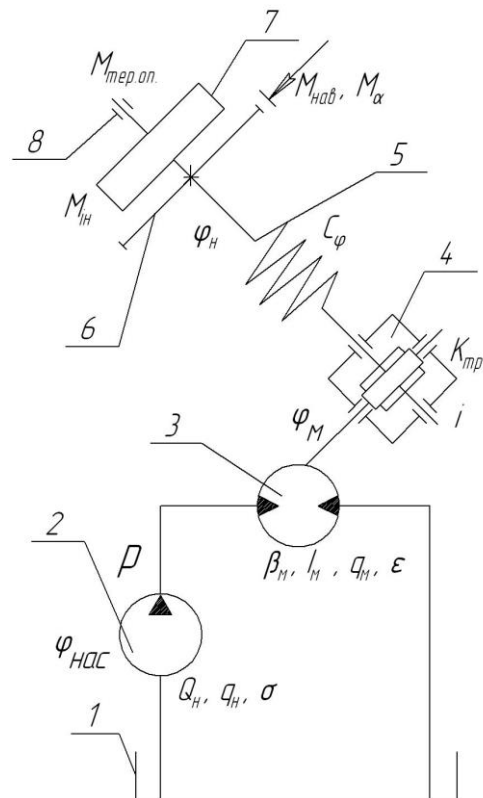


Рисунок 1 – Розрахункова схема приводу механізму повороту стріли буртоукладальної машини «Комплекс — 65М2В»

1 – бак; 2 – насос; 3 – гідромотор; 4 – черв'ячний редуктор; 5 – сумарна жорсткість стріли, поворотної рами і ланцюгової передачі; 6 – ведена зірочка ланцюгової передачі, на яку діє навантажувальний момент і момент від негоризонтального встановлення машини; 7 – приведений момент інерції поворотної стріли; 8 – опора поворотної рами, у якій виникає момент тертя опору

3. Рівняння нерозривності потоку у вихідному перетині напірної гідролінії

$$v(t;l) \cdot f_{\text{мрпуб}} - \frac{q_M}{f_{\text{мрпуб}} \cdot E_M} \cdot \frac{dp(t;l)}{dt} - \frac{q_M}{2\pi} \cdot \frac{d\varphi_M}{dt} = 0.$$

4. Рівняння моментів на вихідному валу гідромотора

$$q_M \cdot p(t;l) \cdot (1-\varepsilon) - \beta_M \cdot \frac{d\varphi_M}{dt} - \frac{C_\varphi}{i} \cdot \left(\varphi_M \cdot \frac{1}{i} - \varphi_H\right) \left[1 \pm \left(f_{\text{оп}} - K_{\text{фр}} \cdot \frac{d\varphi_M}{dt}\right)\right] - I_{\text{МР}} \cdot \frac{d^2\varphi_M}{dt^2} = 0.$$

5. Рівняння моментів на вихідному валу черв'ячного редуктора

$$C_\varphi \cdot \left(\varphi_M \cdot \frac{1}{i} - \varphi_H\right) - I \frac{d^2\varphi_H}{dt^2} - \beta_H \cdot \frac{d\varphi_H}{dt} - M_{\text{наб}} - M_{\text{тер.оп}} - M_\alpha = 0,$$

В рівняннях математичної моделі прийняті такі позначення: $q_{\text{нас}}$, q_M – робочі об'єми насоса і гідромотора відповідно; $\varphi_{\text{нас}}$, φ_M , – кути повороту валів насоса і гідромотора; σ – коефіцієнт об'ємних втрат в насосі; φ_n кут повороту вала стріли; d – площа і діаметр прохідного перетину напірної гідролінії; $E_{\text{нас}}$, E_M – приведені модулі пружності робочої рідини в порожнинах насоса і гідромотора; p , v – тиск і швидкість рідини в напірній гідролінії; l – довжина напірної гідролінії; $v(t;0)$ – швидкість рідини на виході насоса; $p(t;0)$ – тиск рідини на виході насоса; $v(t;l)$ – швидкість рідини на вході в гідромотор; $p(t;l)$ – тиск рідини на вході в гідромотор; ρ – густина робочої рідини; ξ – питомий гідравлічний опір трубопроводу; E – приведений модуль об'ємної пружності рідини в напірній гідролінії; β_M , β_H – коефіцієнти в'язкого тертя гідромотора і опори поворотної рами; C_φ – кутова жорсткість стріли; i – сумарне передаточне число черв'ячного редуктора і ланцюгової передачі; $I_{\text{М-Р}}$ – сумарний момент інерції гідромотора і редуктора; I – момент інерції робочого органа; $Q_{\text{СТ}}$, $Q_{\text{ГР}}$ – вага стріли і вантажу на ній; G_P , D_P – вага і діаметр поворотної рами стріли; L – довжина стріли; g – прискорення вільного падіння; $M_{\text{наб}}$ – крутний момент, створюваний вітровим навантаженням; q_0 – швидкісний напір вітру на висоті 10 м; n_0 – поправковий коефіцієнт, який враховує збільшення швидкісного напору вітру зі збільшенням висоти; c_0 – аеродинамічний коефіцієнт; γ_0 – коефіцієнт перевантаження; β_0 – коефіцієнт, що враховує динамічний вплив пульсації швидкісного напору вітру; F – площа, на яку діє потік вітру; α_0 – кут, який характеризує напрямок вітру; $M_{\text{ТЕР.ОП}}$ – момент тертя в частинах металокопункції, що обертаються; $f_{\text{оп2}}$ – постійна складова коефіцієнта тертя в обертних частинах металокопункції; $K_{\text{фр2}}$ – змінна складова коефіцієнта тертя в обертних частинах металокопункції, яка враховує залежність коефіцієнта тертя від швидкості повороту стріли; H – висота підйому стріли; d_n , d_u – діаметри під'ятника і цапфи колонни стріли; M_α – крутний момент, спричинений негоризонтальним установленням машини; α – кут установлення машини відносно горизонту.

Математична модель дозволяє дослідити вплив параметрів системи на динаміку роботи гідромеханізму як в рушійному режим, так і в режимі самогальмування.

Література

1. Немировский И. А. Привод поворота стрелы буртоукладчика «Комплекс – 65М2В» с использованием шестеренной реверсивной гидроашины / И. А. Немировский, В. А. Дусанюк. Ж. П. Дусанюк // Сахарная промышленность. — 1980. — № 11. — С. 34 — 36.
2. Попов Д. Н. Нестационарные гидромеханические процессы / Д. Н. Попов. — М.: Машиностроение, 1982. — 240 с.
3. Дусанюк Ж. П. Волновые процессы в гидросистемах с нелинейными упругими свойствами трубопроводов / Ж. П. Дусанюк. Дисс. канд. техн. наук. Винница: 1989. — 317 с.