

УДК 631.171:636

ДОСЛІДЖЕННЯ СТАЛОСТІ РУХУ ГРЕЙФЕРНОГО ЗАХВАТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ГІДРОМАНІПУЛЯТОРІВ

Крилов В.В, к.т.н.,

Коломієць С.М., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-24-36, 42-05-70

Анотація – у роботі шляхом теоретичного дослідження отримані залежності для оптимізації параметрів гідропривода маніпулятора, з урахуванням розвертаємих мас, що має сприяти забезпеченню сталості руху грейферного захвату.

Ключові слова – гідроманіпулятор, грейферний захват, гідронасос, диференціальне рівняння руху, сталість руху.

Постановка проблеми. Навантажувально-розвантажувальні роботи міцно пов'язані з вирощуванням сільськогосподарських культур і збиранням врожаю, обслуговуванням тваринницьких ферм, майстерень і т. ін. Відсутність відповідних механізмів для навантажувально-розвантажувальних робіт призводить до непродуктивних простоїв транспорту, великих затрат ручної праці і збільшення витрат на виробництво продукції. На сьогодні широке застосування на навантажувально-розвантажувальних роботах сільськогосподарського виробництва знаходять гідроманіпулятори, головним елементом яких є грейфер з механізмом повороту відносно вертикальної осі. Характеристики динамічних процесів у гідроприводах сільськогосподарських маніпуляторів істотно впливають на сталість руху, і, у кінцевому підсумку, на продуктивність машини. Тому, дослідження сталості руху грейферного захвату сільськогосподарських гідроманіпуляторів є актуальним.

Аналіз останніх досліджень. Вперше суворе математичне визначення поняття сталості руху механічної системи було введено А.М.Ляпуновим у роботі «Загальна задача про сталість руху» [1].

А.М.Ляпунов сформулював два методи аналізу сталості механічних систем. Найбільш простим і таким, якому віддають перевагу більшість авторів, є метод, що ґрунтується на аналізі рівнянь першого наближення. Особливо він зручний, якщо рух механічної системи описується лінійними диференціальними рівняннями, тобто у

цьому випадку рівняння першого наближення збігаються із самими диференціальними рівняннями руху.

Значимість методів А.М. Ляпунова полягає у виділенні сполучень параметрів, що забезпечують сталий рух, але ці методи не дозволяють робити оптимізацію параметрів.

Рух грейферних захватів гідроманіпуляторів сільсько-сподарського призначення вивчений та освітлений в літературних джерелах недостатньо. Майже повністю відсутні дослідження сталості руху гідравлічних грейферних захватів.

Формулювання цілей статті. Мета статті – встановити залежності для обґрунтування параметрів гідропривода, з урахуванням розвертаємих мас, які б забезпечили сталість руху грейферного захвату і, у кінцевому підсумку, задану продуктивність гідроманіпулятора.

Основна частина. Гідравлічний привод являє собою складну динамічну систему, у якій виявляються як лінійні, так і нелінійні фактори, завдяки чому диференціальні рівняння руху гідравлічного привода є у загальному вигляді нелінійними і для спрощення динамічних досліджень виконаємо лінеаризацію цих рівнянь [2].

Якщо припустити, що втратами тиску у трубопроводах і місцевих опорах можна знехтувати і хвильові процеси відсутні, то робота гідропривода може бути охарактеризована рівняннями руху і рівнянням розходу.

$$\begin{cases} J_1 \ddot{\varphi}_1 + c_\alpha (\varphi_1 - \varphi_2) = M_{дв} - M_c; \\ J_2 \ddot{\varphi}_2 - c_\alpha (\varphi_1 - \varphi_2) = M_{аер}; \\ q_{дв} \dot{\varphi}_1 = q_{ис} \cdot \frac{n}{60} - \sigma \rho_n - \beta w \dot{\rho}_n, \end{cases} \quad (1)$$

де J_1 – приведений момент інерції частин механізму повороту, що обертаються, і робочої рідини;

J_2 - приведений момент інерції розвертаємого вантажу і грейфера;

φ_2 – приведений кут повороту грейфера з вантажем;

φ_1 – приведений кут повороту вала механізму повороту;

c_α – жорсткість гідропривода та карданного підвісу, приведена до вала механізму повороту;

$\dot{\varphi}_1$ – кутова швидкість повороту вала ротора;

$M_{аер}$ – приведений аеродинамічний момент опору;

M_c – приведений момент статичних опорів;

$M_{дв}$ – рушійний момент ротатора;
 $q_{дв}, q_{нс}$ – робочі об'єми ротатора і гідронасоса;
 n – кількість обертів за хвилину вала гідронасоса;
 σ – коефіцієнт витоків нагнітального трубопроводу;
 β – приведений коефіцієнт відносної об'ємної деформації гідросистеми;
 w – об'єм порожнин гідросистеми, що знаходяться під тиском;
 ρ_n – тиск нагнітання.
 При нульовому значенні тиску у зливній магістралі ротатора

$$M_{дв} = u\rho_n, \quad (2)$$

де

$$u = \frac{b}{8}(D^2 - d^2),$$

де b – ширина пластини ротатора;

D і d – діаметри циліндра ротатора і ротора, відповідно.

Після підстановки залежності (2) у систему диференціальних рівнянь (1) та відповідних перетворень отримаємо, як розв'язок системи рівнянь (1), лінійне диференціальне рівняння руху вала ротатора

$$\varphi_1^V + M\varphi_1^{IV} + N\varphi_1^{III} + R\ddot{\varphi}_1 + S\dot{\varphi}_1 = T, \quad (3)$$

де M, N, R, S, T – сталі коефіцієнти, що залежать від параметрів гідропривода і розвертаємих мас.

Розв'язок рівняння (3) знаходимо за наступних початкових умов:

$$t = 0 \left\{ \begin{array}{l} \varphi_1 = 0, \dot{\varphi}_1 = 0, \ddot{\varphi}_1 = 0, \ddot{\varphi}_1 = \frac{q_{нс} u \frac{n}{60} - \sigma M_c}{\beta w J_1} = a_1; \\ \varphi_2 = 0, \dot{\varphi}_2 = 0, \ddot{\varphi}_2 = 0, \ddot{\varphi}_2 = \frac{-q_{нс} u \frac{n}{60} + \sigma M_c}{\beta^2 w^2 J_2^2} = b_1. \end{array} \right. \quad (4)$$

За операторним методом розв'язання диференціальних рівнянь отримаємо

$$p(p^4 + Mp^3 + Np^2 + Rp + S)\Phi(p) = \frac{T}{p} + a_1p^2 + a_1Mp + b_1p; \quad (5)$$

$$\Phi(p) = \frac{T + a_1p^3 + (a_1M + b_1)p^2}{p^2(p^4 + Mp^3 + Np^2 + Rp + S)} = \frac{Q(p)}{P(p)}. \quad (6)$$

Отже маємо функцію

$$P(p) = p^6 + Mp^5 + Np^4 + Rp^3 + Sp^2, \quad (7)$$

похідна від якої складе

$$\dot{P}(p_i) = 6p_i^5 + 5Mp_i^4 + 4Np_i^3 + 3Rp_i^2 + 2Sp_i, \quad (8)$$

де p_i – корені характеристичного рівняння ($i=1,2,3,4$).

$$p^4 + Mp^3 + Np^2 + Rp + S = 0 \quad (9)$$

З урахуванням малого впливу змін початкових значень на початкове розв'язання диференціального рівняння застосовуємо до поліному четвертого ступеня теорему Гурвіца [4]: любий розв'язок лінійного однорідного диференціального рівняння зі сталими коефіцієнтами наближається до нуля при $z \rightarrow +\infty$. Це буде мати місце, якщо дійсні частини усіх коренів характеристичного рівняння виявляться від'ємними, тобто, усі корені рівняння будуть мати від'ємні дійсні частини тоді і тільки тоді, коли усі детермінанти додатні.

Отже, якщо

$$P(z) = z^4 + q_1z^3 + q_2z^2 + q_3z + q_4, \quad (10)$$

то умови Гурвіца, з розв'язку детермінантів I, II та III порядку, мають вигляд

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 > 0; \\ q_1q_2 - q_3 > 0; \\ q_4 > 0; \\ (q_1q_2 - q_3)q_3 - q_1^2q_4 > 0. \end{array} \right. \quad (11)$$

Якщо при підстановці реальних значень характеристик гідропривода і розвертаємих мас умови (12) виконуються, то можна стверджувати, що сталість руху грейферного захвату забезпечена.

Отже, залежності (12) є умовами Гурвіца щодо забезпечення сталості руху грейферного захвату сільськогосподарських гідроманіпуляторів.

Висновки. Продуктивність сільськогосподарських гідроманіпуляторів з грейферним захватом у значній мірі залежить від сталості його руху. Використання отриманих залежностей дає змогу оптимізувати параметри гідропривода маніпулятора, з урахуванням розвертаємих мас, з метою забезпечення сталості руху грейферного захвату.

Література

1. *Ляпунов А.М.* Общая задача об устойчивости движения / А.М.Ляпунов. – 2-е изд.-Л.-М.: ОНТИ. Гл. ред. общетех. лит., 1935.- 386с.
2. *Башта Т.М.* Машиностроительная гидравлика. / Т.М. Башта. – М.: Машиностроение, 1971.– 672с.
3. *Абрамович И.Г.* Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости / И.Г.Абрамович. – М.: Наука, 1965. – 392 с.
4. *Бронштейн И.П.* Справочник по математике для инженеров и учащихся ВТУЗОВ / И.П.Бронштейн, К.А.Семендяев. – М.: ГИТЛ, 1957. – 608 с.

RESEARCH OF THE EQUATION OF GREYFER'S MOVEMENT OF CAPTURE IN AGRICULTURAL MANIPULATORS

V. Krylov, S. Kolomiyets

Summary