



УДК 631.171:636

ДИНАМІКА ПОВОРОТУ ГРЕЙФЕРНОГО ЗАХВАТУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ГІДРОМАНІПУЛЯТОРІВ

Крилов В.В, 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 гідроприводу 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. 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].

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.

Рух грейферних захватів гідроманіпуляторів сільськогосподарського 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 гідроприводу, з урахуванням роз-

вертаємих 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 гідроприводу може бути охарактеризована рівняннями руху і рівнянням розходу

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

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 гідроприводу та карданного підвісу, приведена до вала механізму повороту;

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

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

M_c – приведений момент статичних опорів;

$M_{\text{дв}}$ – рушійний момент ротатора;

$q_{\text{дв}}, q_{\text{нс}}$ – 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;

p_n – тиск нагнітання.

При нульовому значенні тиску у зливній магістралі ротора

$$M_{\text{дв}} = \rho_n, \quad (2)$$

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’язання системи рівнянь (1), лінійне диференціальне рівняння руху вала ротатора

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

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

Розв’язання рівняння (3) знаходимо за наступних початкових умов

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

За операторним методом розв’язання диференціальних рівнянь отримаємо

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

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

Отже, маємо функцію

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

похідна від якої складе

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

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

$$p^4 + Mp^3 + Np^2 + Rp + S = 0. \tag{9}$$

З урахуванням малого впливу змін початкових значень на початкове розв’язання диференціального рівняння застосовуємо до поліному четвертого ступеня теорему Гурвіца [4]: будь-яке розв’язання лінійного однорідного диференціального рівняння зі сталими коефіці-

ентами 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

$$P(z) = z^4 + q_1 z^3 + q_2 z^2 + q_3 z + q_4, \quad (10)$$

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

$$\left\{ \begin{array}{l} q_1 > 0; \\ q_1 q_2 - q_3 > 0; \\ q_4 > 0; \\ (q_1 q_2 - q_3) q_3 - q_1^2 q_4 > 0. \end{array} \right. \quad (11)$$

Тоді для диференціального рівняння (3) отримаємо

$$\left\{ \begin{array}{l} M > 0; \\ MN - R > 0; \\ (MN - R)R - M^2 S > 0; \\ S > 0. \end{array} \right. \quad (12)$$

Якщо при підстановці реальних значень характеристик гідроприводу 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.

ДИНАМИКА ПОВОРОТА ГРЕЙФЕРНОГО ЗАХВАТА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ГИДРОМАНИПУЛЯТОРОВ

Крылов В.В.

Аннотация

В работе, путём теоретических исследований динамики поворота грейфера определены зависимости для оптимизации параметров гидропривода манипулятора, с учётом разворачиваемых масс, что способствует обеспечению устойчивости движения грейферного захвата.

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

V. Krylov

Summary

The analysis of researches of dynamics of turn of clamshell mechanisms is in-process executed on a flexible suspension and, as a result, dependences over, due to which, are brought, with the purpose of providing of stability of motion of grapple-tong, it is possible to execute optimization of parameters of mechanism of turn of clamshell mechanism.