



ПОКРАЩЕННЯ ХАРАКТЕРИСТИК МЕХАНОТРОННОГО ГІДРОПРИВОДА МАНІПУЛЯТОРА

Підготував:

студент гр. 2ПМ-17м
Львович Є. Ю.

Науковий керівник:

д.т.н., професор
Козлов Л. Г.



Мета і задачі досліджень

Метою роботи є зменшення втрат потужності, покращення статичних та динамічних характеристик гідросистеми мобільної машини на основі розробки нової схеми мехатронного гідропривода та визначення раціональних значень конструктивних параметрів.

Предмет досліджень: мехатронний гідропривод.

Об'єкт досліджень: робочі процеси в мехатронному гідроприводі маніпулятора.

Для досягнення поставленої мети планується вирішити такі задачі:

1. Розробити нову схему механотронного гідроприводу.
2. Розробити математичну модель механотронного гідроприводу.
3. Створити блок-схему для розв'язання рівнянь математичної моделі в середовищі MATLAB-Simulink.
4. Розрахувати статичні характеристики механотронного гідропривода.
5. Дослідити динамічні процеси в механотронному гідроприводі.
6. Визначити енергетичні характеристики.
7. Визначити засоби покращення характеристик механотронного гідропривода та раціональні значення конструктивних параметрів.
8. Сконструювати гідророзподільник для гідросистеми мобільної машини.
9. Створити нову гідросистему для мобільної машини з маніпулятором на основі механотронного гідропривода.

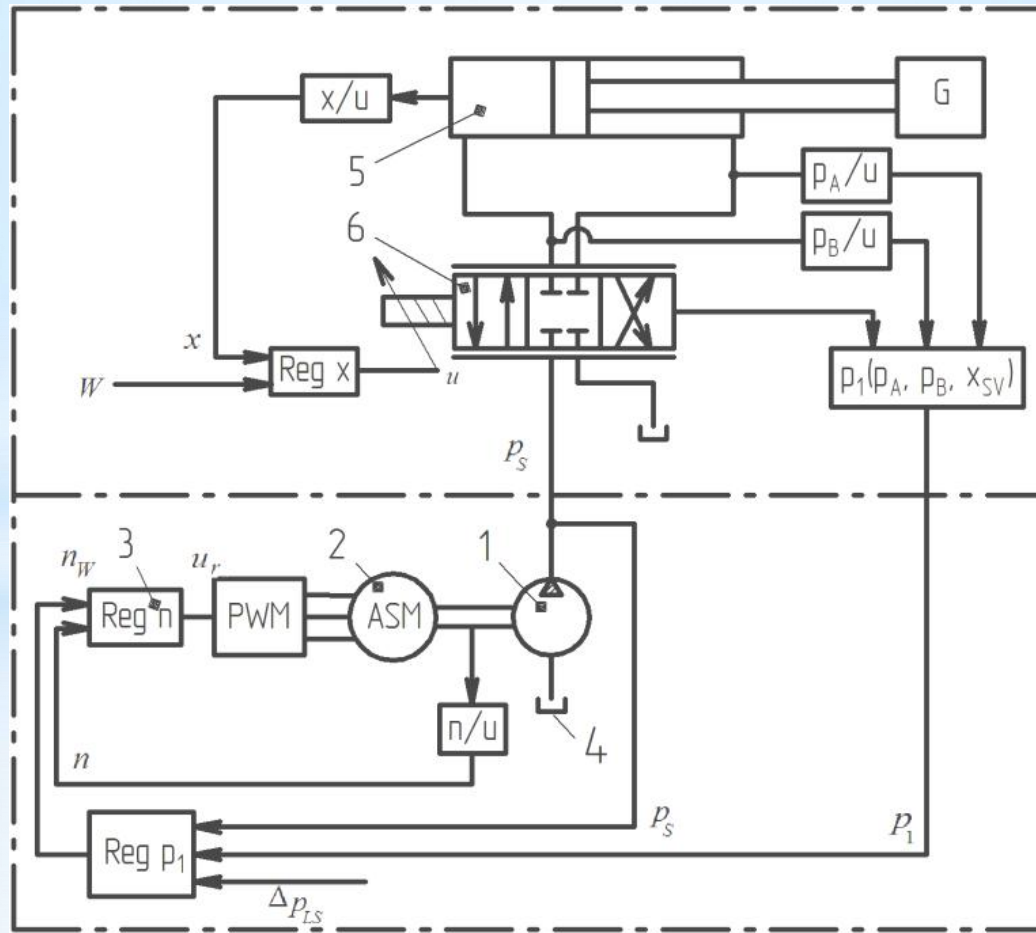


Рис. 1. Схема гідропривода з регулюванням частоти обертання електродвигуна насоса

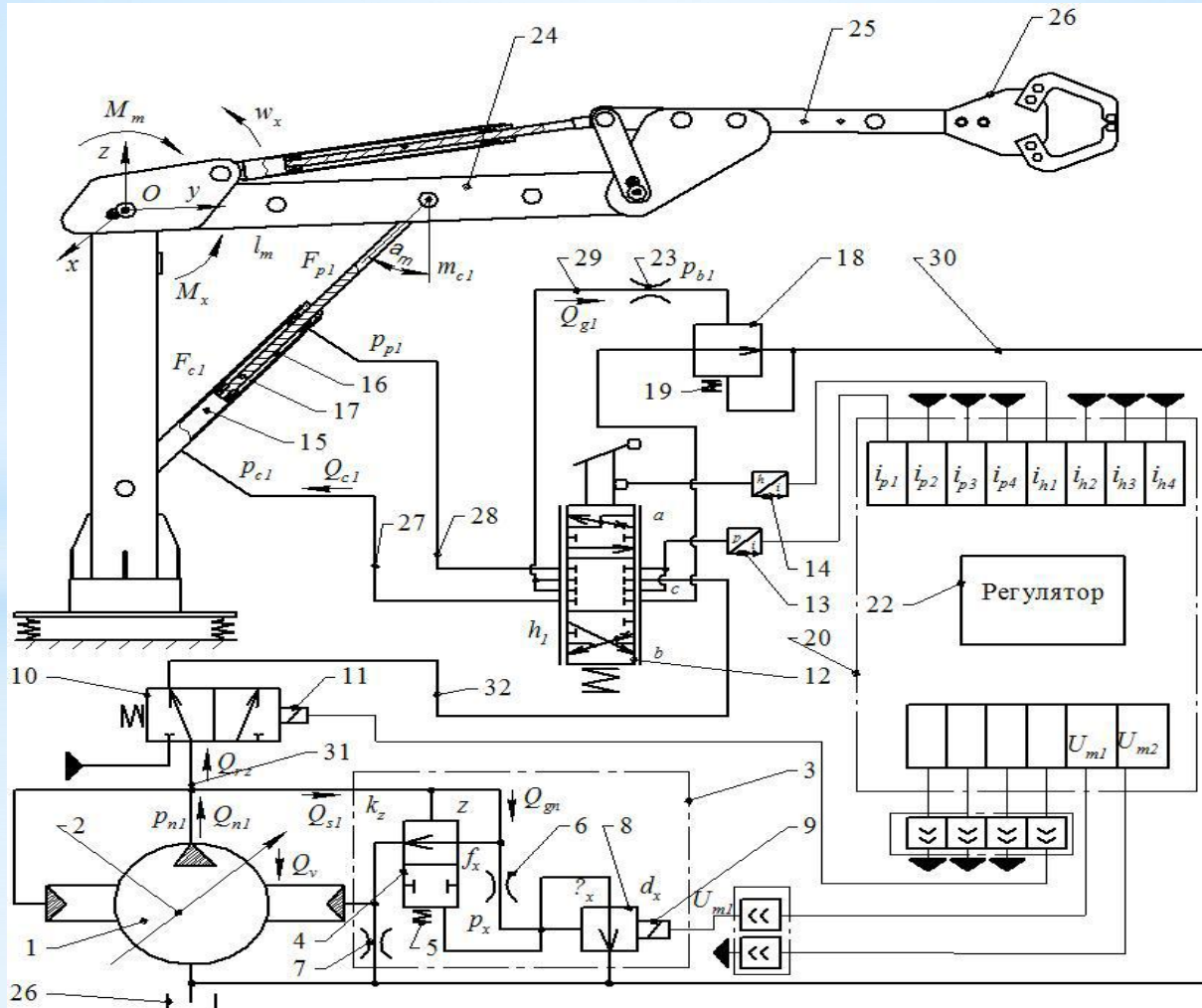


Рис. 2. Схема механотронного гідропривода

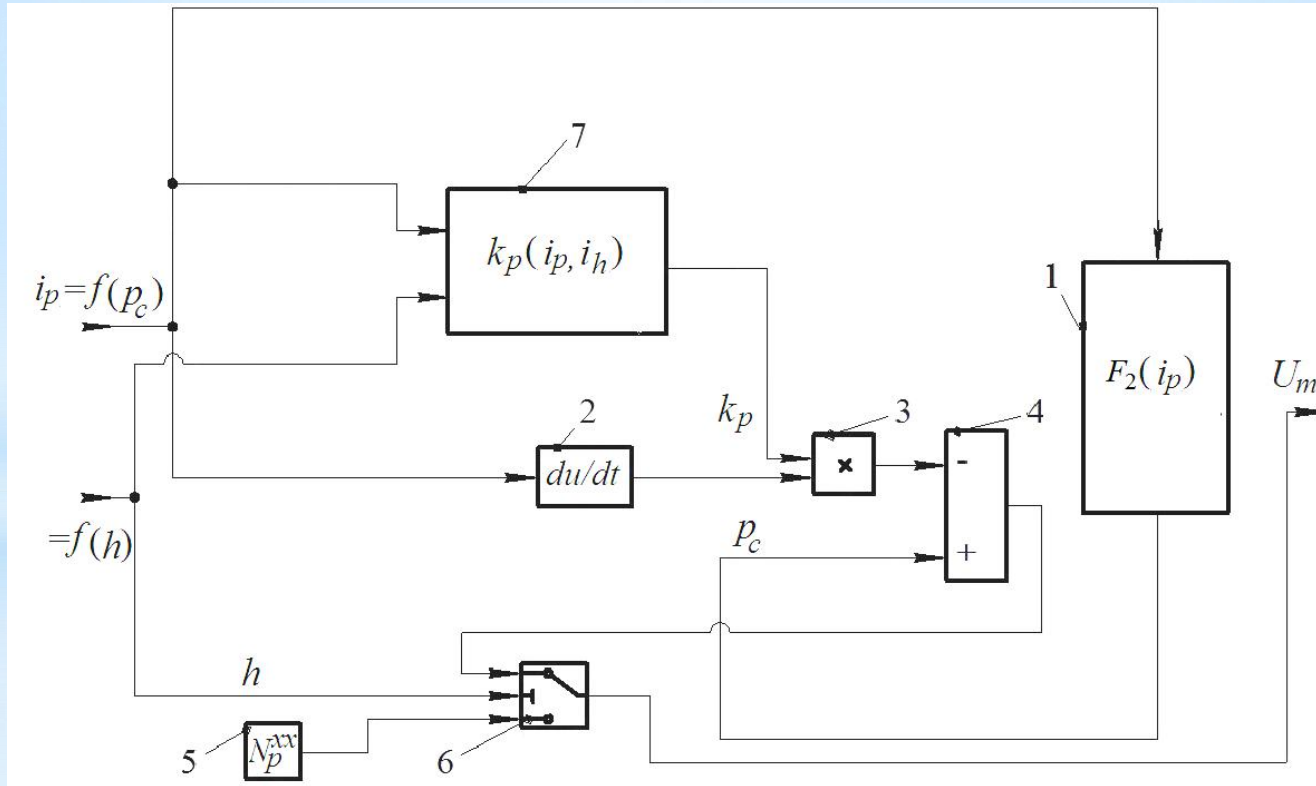


Рис. 3. Структура регулятора механотронного гідропривода

$$m_x \frac{d^2 x}{dt^2} = p_x \cdot \frac{\pi \cdot d_x^2}{4} - k_m \cdot i_{m1} - \left(\frac{\pi \cdot \rho \cdot v_k \cdot d_x \cdot l_x}{\varepsilon_x} \right) \cdot \frac{dx}{dt}; \quad (1)$$

$$m_p \frac{d^2 z}{dt^2} = p_{n1} \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} - p_x \frac{\pi \cdot d_p^2}{4} - C_p \cdot (H_p + z) - \frac{\pi \cdot \rho \cdot v_k \cdot d_p \cdot l_p}{\varepsilon_p} \cdot \frac{dz}{dt}; \quad (2)$$

$$m_b \frac{d^2 y_1}{dt^2} = p_b \cdot \frac{\pi \cdot d_b^2}{4} - c_b \cdot (H_b + y_1) - A_g + B_g \cdot p_{p1} - \frac{D_g}{y_1} + \frac{E_g}{y_1^2} - \left(\frac{\pi \cdot \rho \cdot v_k \cdot d_b \cdot l_b}{\varepsilon_b} \right) \cdot \frac{dy_1}{dt}; \quad (3)$$

$$I \frac{d^2 \gamma}{dt^2} = p_{n1} \cdot f_5 \cdot l - p_e \cdot f_4 \cdot l - \frac{\pi \cdot \rho \cdot v_k \cdot d_4 \cdot l_4}{\varepsilon_0} \cdot \frac{d\gamma}{dt} \cdot \cos \gamma - M_{v2} + m_0 + m_1 \cdot Q_{n1} + m_2 \cdot p_{n1} + m_3 \cdot Q_{n1}^2 + m_4 \cdot p_{n1}^2 + m_5 \cdot p_{n1} \cdot Q_{n1} + m_f(\omega_n); \quad (4)$$

$$F_7 \cdot d_8 \cdot k_1 \cdot n_n \cdot \operatorname{tg} \gamma - k_{n1} \cdot p_{n1} = a + b \cdot h_1 + c \cdot \Delta p_1 + d \cdot h_1^2 + e \cdot \Delta p_1^2 + f \cdot h_1 \cdot \Delta p_1 + \mu \cdot k_z \cdot z \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{n1} - p_0|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{n1} - p_0) + \beta_n \cdot W_{n1} \frac{dp_{n1}}{dt}; \quad (5)$$

$$a + b \cdot h_1 + c \cdot \Delta p_1 + d \cdot h_1^2 + e \cdot \Delta p_1^2 + f \cdot h_1 \cdot \Delta p_1 = \frac{F_{c1} \cdot l_m \cdot \omega_x}{\cos \alpha_m} + \beta_p \cdot W'_{c1} \frac{dp_{c1}}{dt} + \beta_n \cdot W_{c1} \frac{dp_{c1}}{dt} - \mu \cdot f_b \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{c1} - p_{b1}|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{c1} - p_{b1}); \quad (6)$$

$$\frac{F_{p1} \cdot l_m \cdot \omega_x}{\cos \alpha_m} = \mu \cdot k_b \cdot y_1 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_{p1}}{\rho}} + \beta_p \cdot W_{p1} \frac{dp_{p1}}{dt}; \quad (7)$$

$$\mu \cdot f_b \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{c1} - p_{b1}|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{c1} - p_{b1}) = \frac{\pi \cdot d_b^2}{4} \cdot \frac{dy_1}{dt} + \beta_p \cdot W_b \cdot \frac{dp_b}{dt} - \exp(A_b \cdot p_b + B_b \cdot i^\circ + C_b \cdot \varepsilon_b + D_b); \quad (8)$$

$$\mu \cdot k_z \cdot z \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{n1} - p_0|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{n1} - p_0) = \mu \cdot f_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_0}{\rho}} + \beta_p \cdot W_0 \frac{dp_0}{dt} + \mu \cdot f_e \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_0 - p_e|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_0 - p_e); \quad (9)$$

$$\mu \cdot f_x \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_{n1} - p_{x1}|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{n1} - p_{x1}) = \mu \cdot \pi \cdot d_x \cdot x \cdot \sin\left(\frac{\alpha_x}{2}\right) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot p_x}{\rho}} + \beta_p \cdot W_x \frac{dp_x}{dt}; \quad (10)$$

$$\mu \cdot f_e \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot |p_0 - p_e|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_0 - p_e) = \beta_p \cdot W_e \frac{dp_e}{dt} - \exp(A_e \cdot p_e + B_e \cdot i^\circ + C_e \cdot \varepsilon_e + D_e) - f_4 \cdot l \cdot \frac{d\gamma}{dt} \cdot \cos \gamma; \quad (11)$$

$$p_{c1} \cdot k_u \cdot k_c \cdot \left[F_k(i_{p1}) \right] = L_e \frac{di_{m1}}{dt} + i_{m1} \cdot R_e; \quad (12)$$

$$I_{xx} \frac{d\omega_x}{dt} = p_{c1} \cdot F_{c1} \cdot l_m \cdot \cos \alpha_m - m_{c1} \cdot g \cdot l_m - p_{p1} \cdot F_{p1} \cdot l_m \cdot \cos \alpha_m - R_1 \cdot \frac{2 \cdot d_{n1}}{\pi} \cdot \operatorname{sign} \omega_x - M_{t1} \cdot \operatorname{sign} \omega_x - m_g \cdot g \cdot l_g; \quad (13)$$

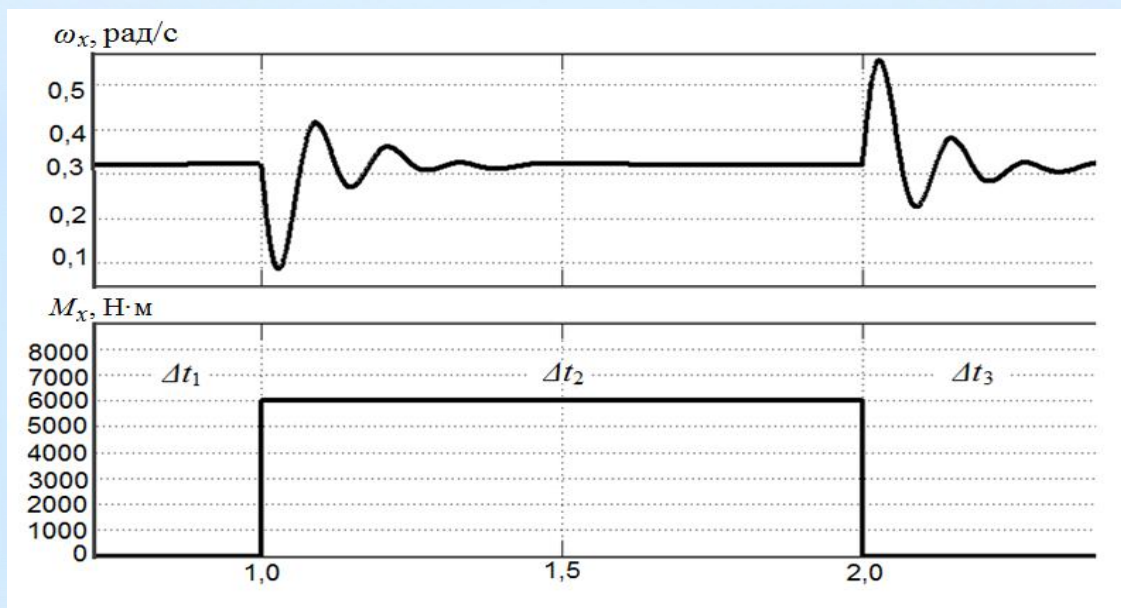


Рис. 4. Залежність частоти обертання стріли маніпулятора від ступінчастої зміни зустрічного моменту навантаження

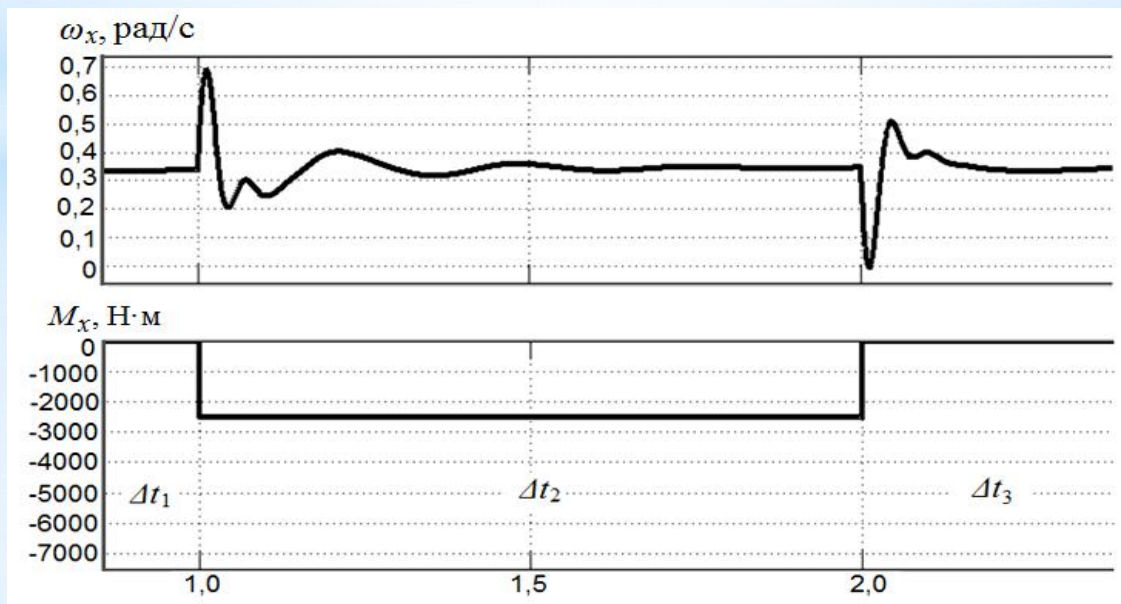


Рис. 5. Залежність частоти обертання стріли маніпулятора від ступінчастої зміни попутного моменту навантаження

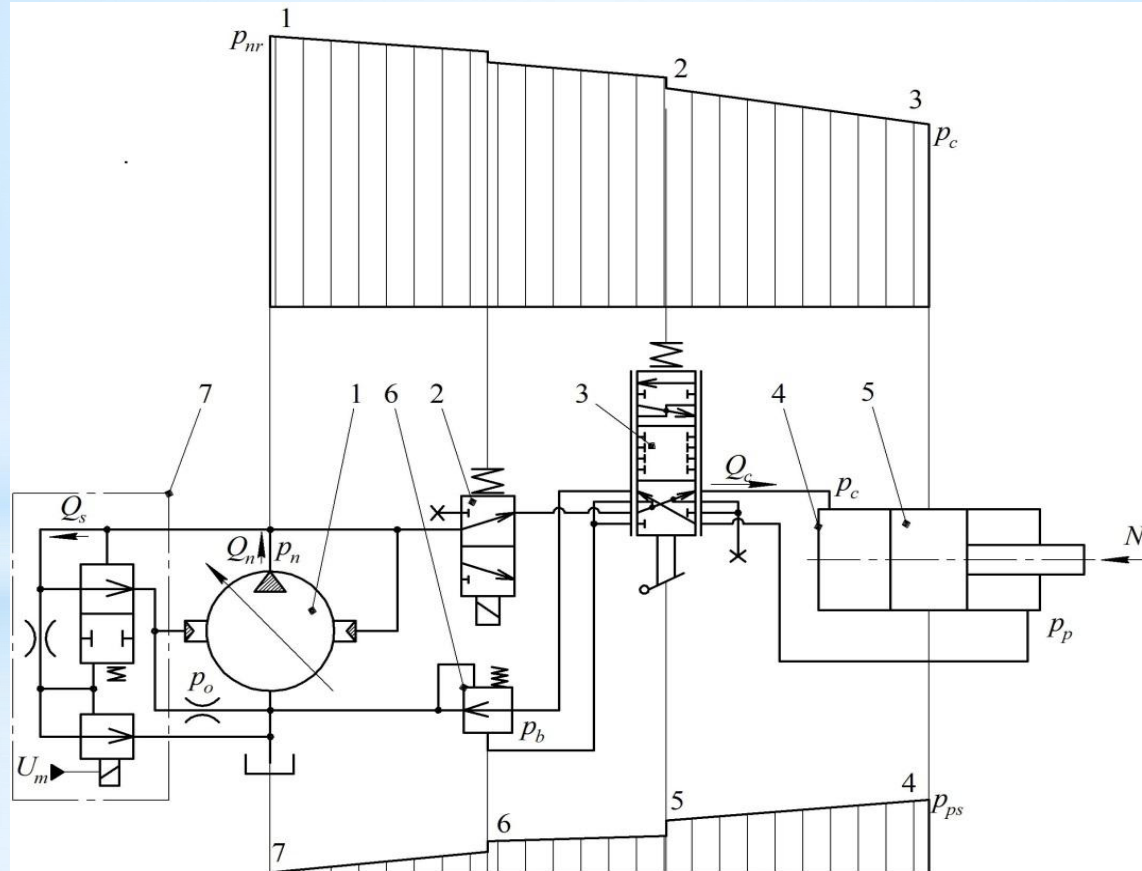


Рис. 6. Розподіл тиску в гідролініях механотронного гідропривода при зустрічному навантаженні

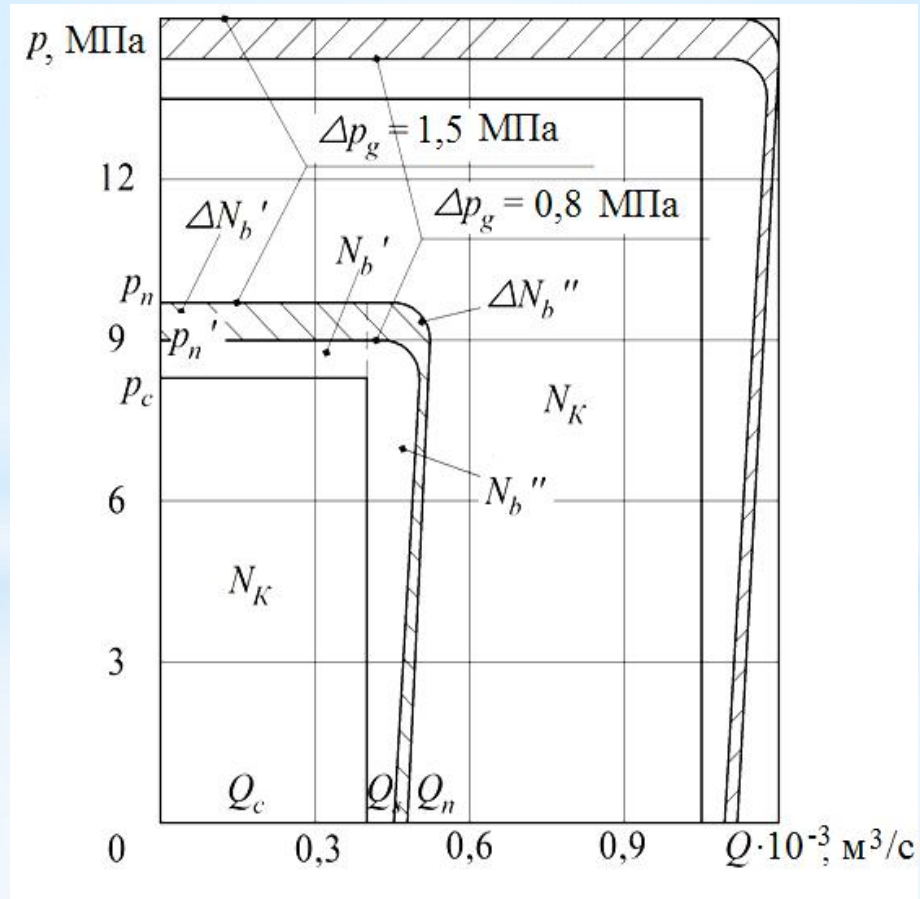


Рис. 7. Розподіл корисної та втраченої потужності в механотронному гідروприводі в режимі регулювання

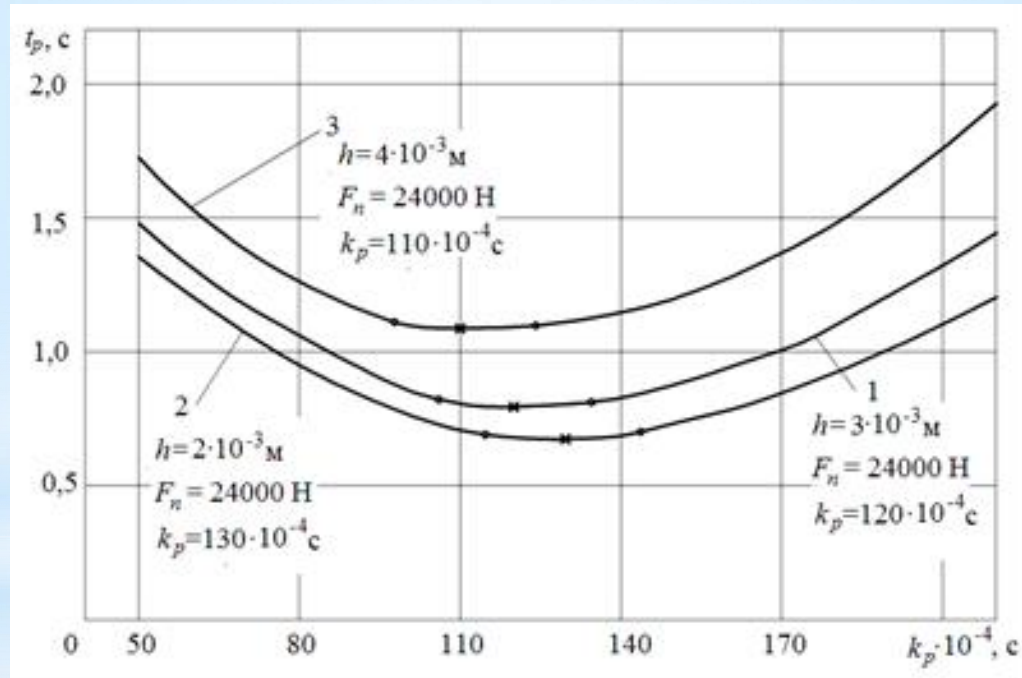


Рис. 8. Залежність часу регулювання від коефіцієнта передачі корегувальної складової сигналу регулятора

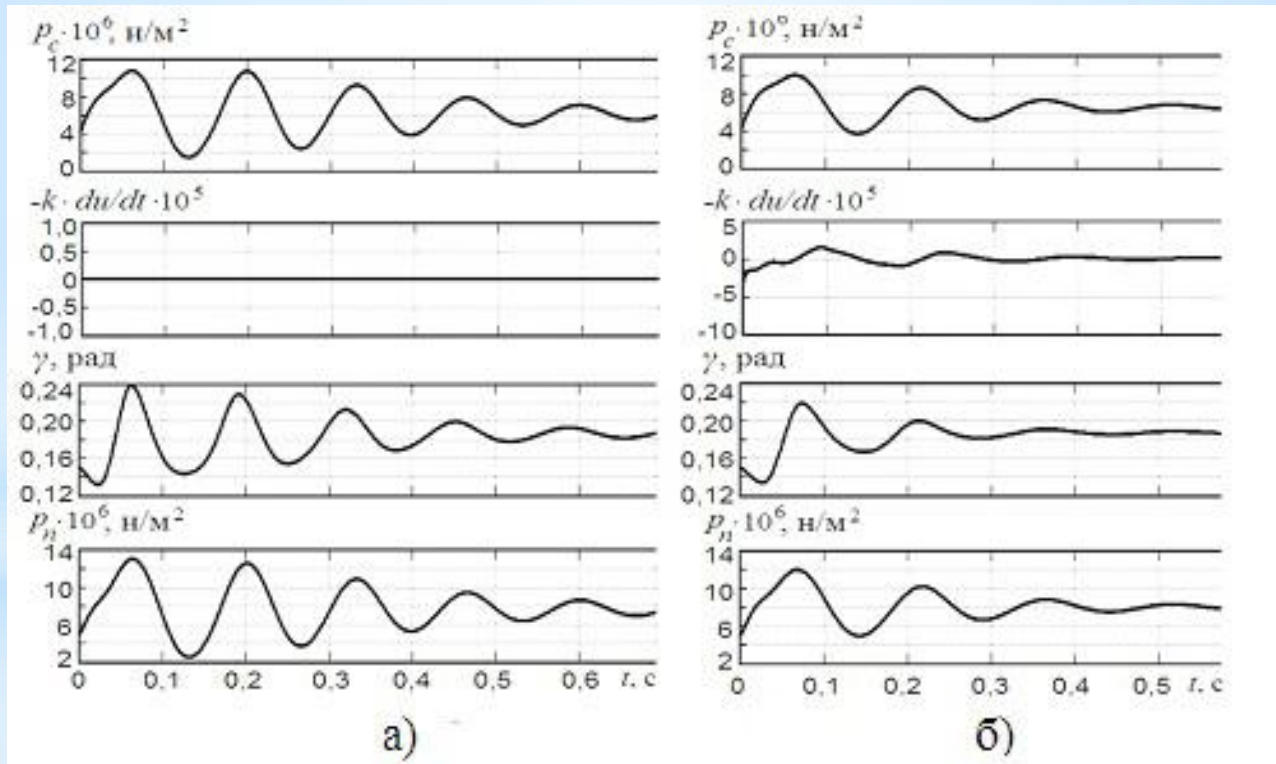


Рис. 9. Перехідні процеси в механотронному гідроприводі при відсутності корегування сигналу зворотного зв'язку а) та при наявності корегування б)

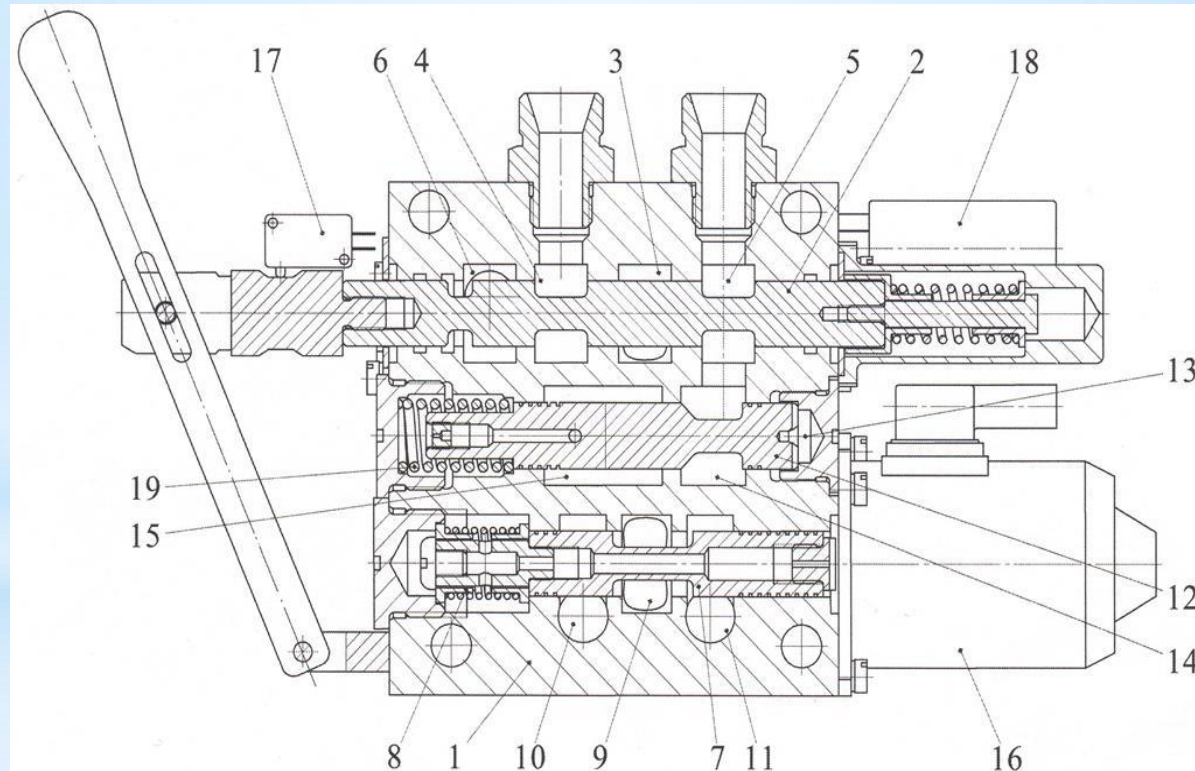


Рис. 10. Робоча секція пропорційного гідророзподільника для механотронного гідропривода

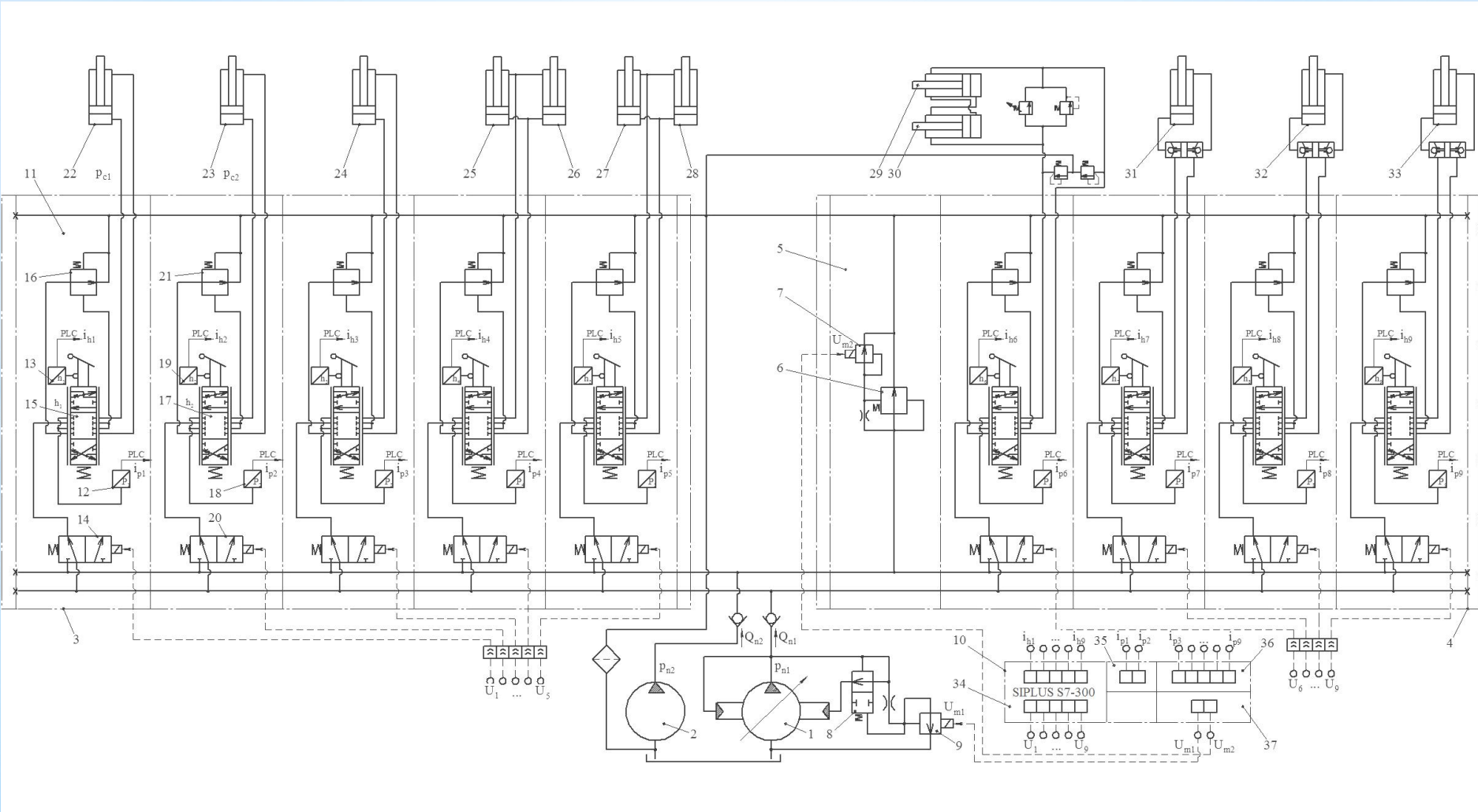


Рис. 11. Гідралічна схема мобільної робочої машини

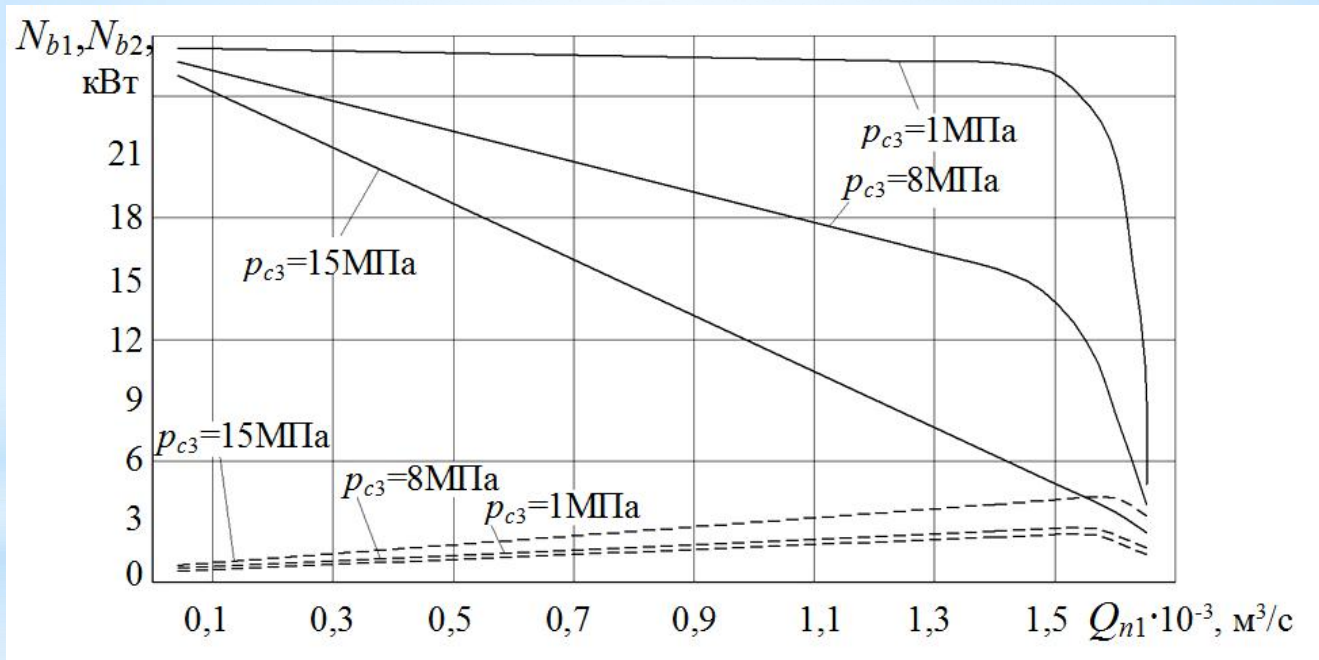


Рис. 12. Втрати потужності при роботі гідроциліндрів від насосів:
 - - - - - насос А10V0/3 в розробленій системі гідроприводів;
 ————— насос НШ100А-3 в системі машини «Борекс 2102».



ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу сучасних гідросистем мобільних робочих машин сформульовані основні тенденції їх розвитку та запропоновано нову схему на основі регульованого насоса, пропорційного гідророзподільника та контролера.

2. Розроблено нелінійну математичну модель механотронного гідропривода та блок-схему розв'язання диференціальних рівнянь на основі методу Розенброка, що дозволяє визначити статичні, динамічні та енергетичні характеристики створеного гідропривода.

3. Досліджено статичні характеристики гідропривода. Похибки стабілізації частоти обертання стріли маніпулятора не перевищують при зустрічному навантаженні 6,25 %, при попутному 5,5 %.

4. Розраховано динамічні характеристики гідропривода. Виявлені конструктивні параметри регулятора насоса та гальмівного клапана, які в найбільшій мірі впливають на час регулювання та перерегулювання. Знайдені раціональні значення конструктивних параметрів регуляторів для використання при проектуванні гідроапаратури.

5. Знайдені додаткові засоби покращення динамічних характеристик гідропривода. А саме - введення коефіцієнта передачі корегувальної складової сигналу зворотного зв'язку в діапазоні $k_p = (40 \dots 130) \cdot 10^{-4} \text{с}$ та регульованої затримки сигналу зворотного зв'язку $\Delta t_0 = (0,01 \dots 0,02) \text{с}$ забезпечує зменшення часу регулювання з 2,4с до 0,8с, а перерегулювання з 95% до 45%.

6. Виявлено, що величина перепаду тиску Δp_g на робочому вікні пропорційного гідророзподільника впливає на статичні та енергетичні характеристики. Зменшення Δp_g знижує втрати потужності в гідроприводі, але погіршує точність стабілізації частоти обертання стріли маніпулятора. Вибір Δp_g повинен вестись із урахуванням пріоритетності характеристик гідропривода на стадії проектування.

7. Визначені енергетичні характеристики механотронного гідропривода. Виявлено суттєве зниження втрат потужності в запропонованому гідроприводі в порівнянні з варіантом гідропривода на основі нерегульованого насоса.

8. Розроблена гідросистема на основі розробленого гідророзподільника, регулятора, насоса та контролера для мобільної машини, оснащеної маніпулятором. Проведено порівняння втрат потужності, що мають місце в розробленій гідросистемі та в гідросистемі мобільної машини фірми «Борекс». Зменшення непродуктивних втрат потужності становить 26кВт, при сумарній встановленій потужності на машині - 56кВт.



Дякую за увагу!