

Розроблення розподільника для гідросистем з пропорційним керуванням

08-26.МКР.010.00.000 ПЗ

Виконав: студент 2 курсу, групи 1ПМ-19м Котик С.І.

Керівник: д.т.н., проф. каф. ТАМ Козлов Л.Г.

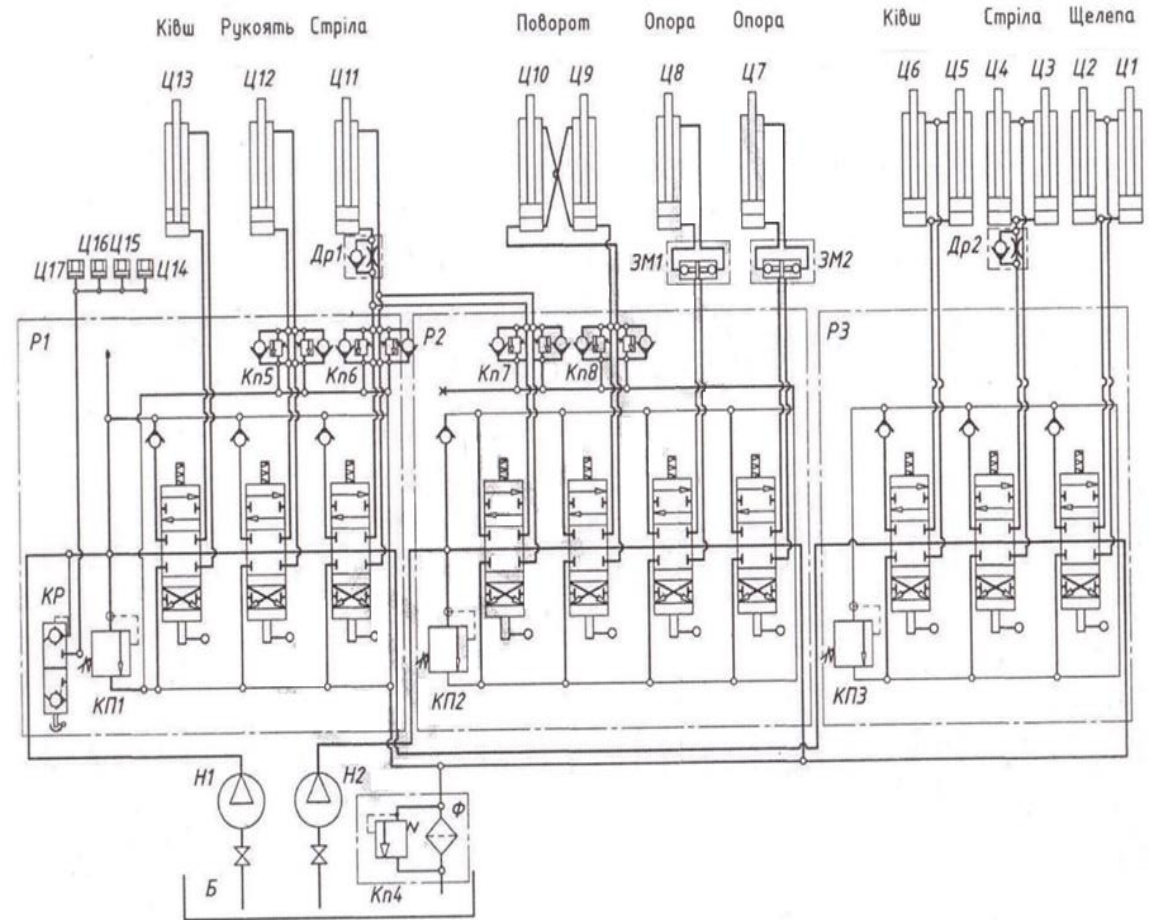
Мета та задачі

1. Метою виконання магістерської роботи є розробка спеціального розподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням. Для досягнення поставленої мети потрібно вирішити ряд задач: провести огляд гідро систем краново-бурильних машин та установок; розробити гідросистему з пропорційним керуванням; створити математичну модель гідросистеми; провести аналіз роботи гідросистеми в статичних та динамічних режимах роботи та визначити основні параметри розподільника; спроектувати розподільник з пропорційним керуванням; створити трьох вимірну модель розподільника в CAD-системі; зробити економічний аналіз комерційного потенціалу розробки; проаналізувати умови праці під час науково-дослідної роботи, де будуть проводитись дослідження, розглянути заходи по техніці безпеки. Об'єкт дослідження. Робочі процеси в гідросистемі мобільної машини.
2. Поставленою задачею було: провести огляд гідро систем краново-бурильних машин та установок; розробити гідросистему з пропорційним керуванням; створити математичну модель гідросистеми; провести аналіз роботи гідросистеми в статичних та динамічних режимах роботи та визначити основні параметри розподільника; спроектувати розподільник з пропорційним керуванням; створити трьох вимірну модель розподільника в CAD-системі; зробити економічний аналіз комерційного потенціалу розробки; проаналізувати умови праці під час науково-дослідної роботи, де будуть проводитись дослідження, розглянути заходи по техніці безпеки.

Гідросистема БАМ-2014

Гідросистема (ГС) екскаватора БАМ-2014 та модифікації складається з двох окремо замкнутих робочих контурів, приводом яких є два шестерних насоси Н1 - НШ-125 та Н2 - НШ-50.

В екскаваторах БАМ-2014, робоча рідина від насоса Н1 через гідророзподільник Р1 підводиться до гідроциліндрів екскаваційного устаткування Ц11 стріли, Ц12 рукояті, Ц13 ковша і далі на злив у бак. До поршневих та штокових порожнин гідроциліндрів Ц11, стріли та Ц12 рукояті підключені вмонтовані в гідророзподільник розвантажувальні клапани КП5, КП6, які оберігають штоки від перевантаження, а до штокової порожнини гідроциліндра Ц11 стріли підключений дросель Др1, який забезпечує плавне опускання стріли. До гідроциліндра Ц11 стріли робоча рідина може надходити також від насоса Н2 для прискореного підйому стріли. Робоча рідина від насоса Н2 через гідророзподільник Р2 підводиться до гідроциліндрів Ц7, Ц8 опори Ц9, Ц10 повороту, а також до гідроциліндра Ц11 прискореного підйому стріли екскаваційного устаткування.



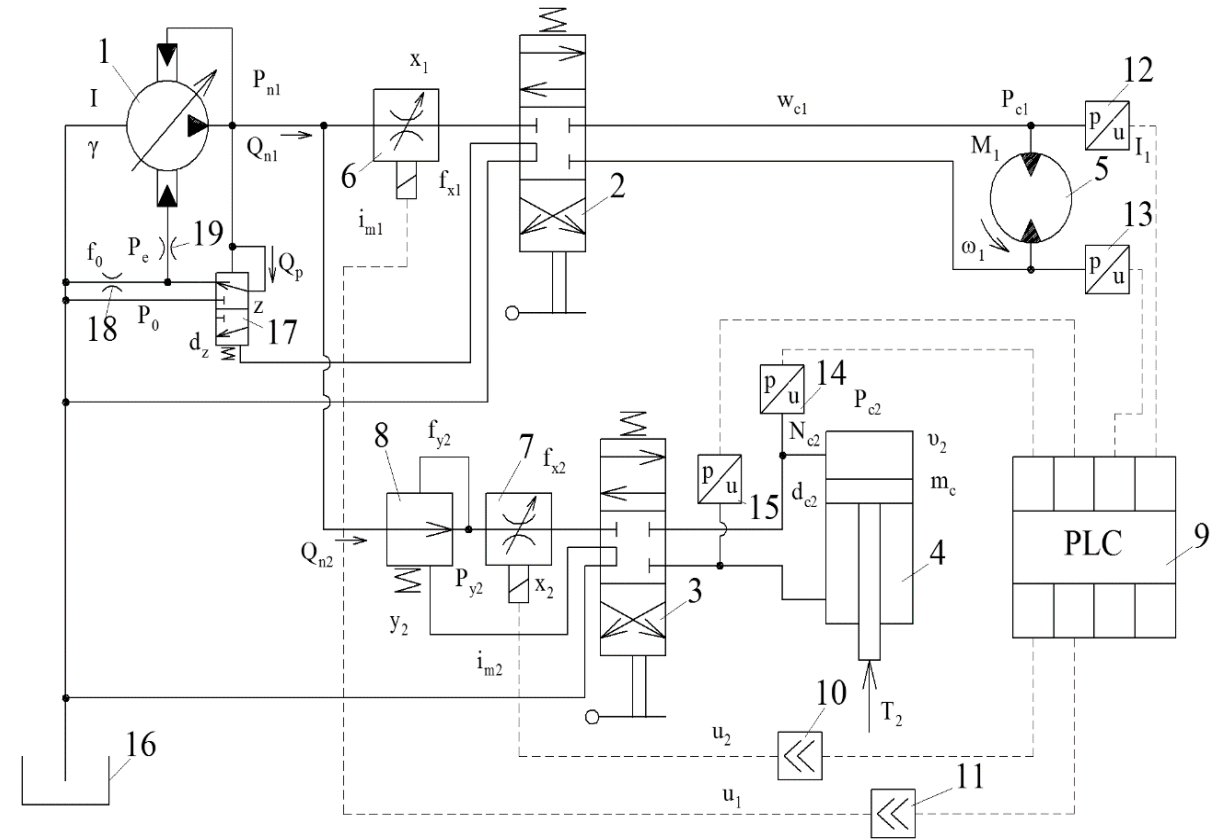
Гідравлічна система екскаватора БАМ-2014

Розроблена гідросистема

Дана система включає: регульований насос 1, гідророзподільники 2, 3 дискретні 3/5 нормально закриті, гідроциліндр 4 двосторонньої дії, гідромотор 5 реверсний, регульовані дроселі 6, 7 з електромагнітним керуванням, регулятор потоку 8, контролер 9, підсилювачі 10, 11, датчики тиску 12, 13, 14, 15, гідробак 16 та регулятор подачі 17 з нерегульованими дроселями 18, 19.

ГПК включає два виконавчих органи (гідроциліндр 4 та гідромотор 5), які забезпечують весь процес буріння. ГПК працює наступним чином.

Запуск бурильного інструменту відбувається переключенням гідророзподільника 2. Робоча рідина від регульованого насоса 1 подається через регульований дросель 6 та гідророзподільник 2 до гідромотора 5, що забезпечує обертання бурильного інструменту в необхідному напрямку.



Розроблена схема механотронного привода

Математична модель

$$1. Q_s = \beta_n W \frac{dp}{dt} \quad 2. Q = \mu \pi d_y \sqrt{\frac{2(p_{y2} - p_{c2})}{\rho}} \sin(p_{n1} - p_{n2}) \quad 3. F_g = b_p \frac{dz}{dt} \quad 4. M_d = b_\gamma \frac{d\gamma}{dt}; \quad 5. Q_d = \mu f_0 \sqrt{\frac{2p_0}{\rho}} \quad 6. T_2 = C_1 (V_2 \frac{2\pi}{z W_1})^{c_2} (\frac{K_n \cdot 2\pi \cdot R_2^2 \cdot V_2 \cdot \rho_m}{w_1 \sqrt{R_1^2 + R_2^2}})$$

$$7. T_2 = C_1 (V_2 \frac{2\pi}{z W_1})^{c_2} (\frac{K_n \cdot 2\pi \cdot R_2^2 \cdot V_2 \cdot \rho_m}{w_1 \sqrt{R_1^2 + R_2^2}}) \quad 8. I \frac{d^2\gamma}{dt^2} = p_{n1} f_5 l - p_e f_4 l - b_\gamma \frac{d\gamma}{dt} + M_c \quad 9. I_1 \frac{d\omega_1}{dt} = p_{c1} q - M_1 - b_M \omega_1$$

$$10. F_7 d_8 k_1 n_n \operatorname{tg} \gamma = \mu \pi d_{x1} x_1 \sqrt{\frac{2|p_{n1} - p_{c1}|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{n1} - p_{c1}) + M \pi d_{x2} \cdot x_2 \sqrt{\frac{2|p_{n1} - p_{y2}|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{n1} - p_{y2}) + \beta_n W_{n1} \frac{dp_{n1}}{dt} + \mu k_z z \sqrt{\frac{2|p_{n1} - p_0|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{n1} - p_0)$$

$$11. \mu k_z z \sqrt{\frac{2|p_{n1} - p_0|}{\rho}} \operatorname{sign}(p_{n1} - p_0) = \mu f_e \sqrt{\frac{2|p_0 - p_e|}{\rho}} \operatorname{sign}(p_0 - p_e) + \mu f_0 \sqrt{\frac{2p_0}{\rho}} + \beta_p W_0 \frac{dp_0}{dt} \quad 12. \mu f_e \sqrt{\frac{2|p_0 - p_e|}{\rho}} \operatorname{sign}(p_0 - p_e) = \beta_p W_e \frac{dp_e}{dt} - f_4 \frac{d\gamma}{dt} l \cdot \cos \gamma$$

$$13. \mu \pi d_{y2} \cdot k_{y2} \sqrt{\frac{2|p_{n1} - p_{y2}|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{n1} - p_{y2}) = \mu \pi d_{x2} \cdot x_2 \sqrt{\frac{2|p_{y2} - p_{c2}|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{y2} - p_{c2}) + \beta W_2 \cdot \frac{dp_{y2}}{dt}; \quad 14. m_c \frac{dv_2}{dt} = p_{c2} \frac{\pi d_{c2}^2}{4} - T_2 - b_c v_2$$

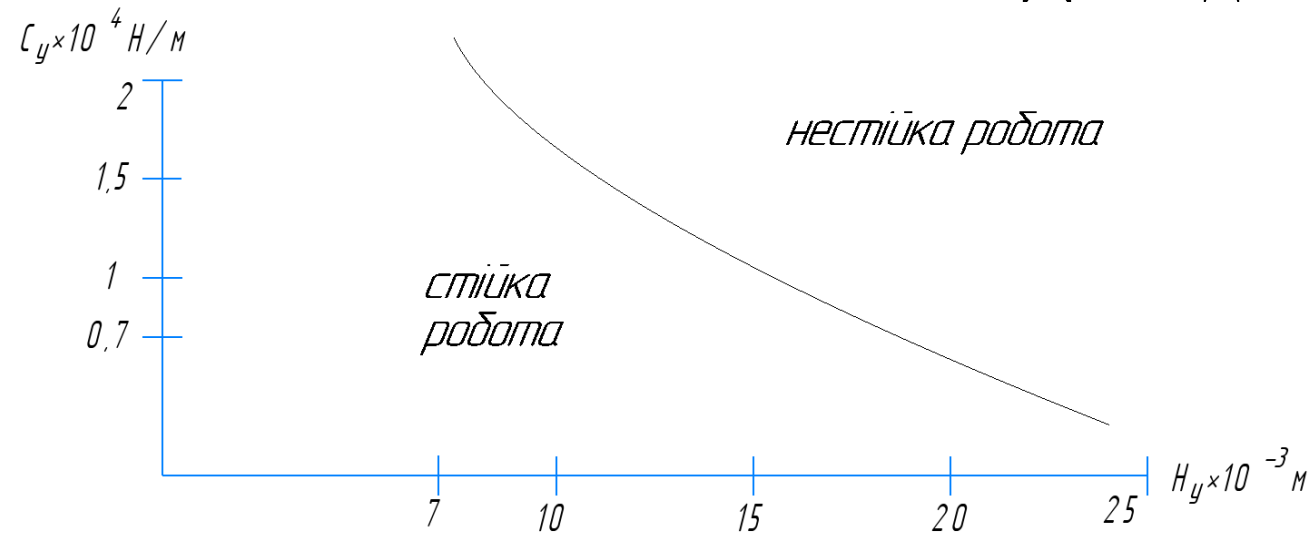
$$15. \mu f_2 \sqrt{\frac{2|p_{c2} - p_{p2}|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{c2} - p_{p2}) = \frac{\mu \pi d_{y2}^2}{4} \cdot \frac{dy_2}{dt} + \beta W_{p2} \cdot \frac{dp_{p2}}{dt}; \quad 16. \mu \pi d_{x2} x_2 \sqrt{\frac{2|p_{n1} - p_{c2}|}{\rho}} \cdot \operatorname{sign}(p_{n1} - p_{c2}) = v_2 \frac{\pi d_{c2}^2}{4} + \beta_n W_{c2} \cdot \frac{dp_{c2}}{dt}$$

$$17. p_{n1} \frac{\pi d_z^2}{4} = p_{c1} \frac{\pi d_z^2}{4} + c_z (z + H_z) - b_z \frac{dz}{dt} \quad 18. p_{y2} \frac{\pi d_{y2}^2}{4} = p_{c2} \frac{\pi d_{y2}^2}{4} + c_y (H_y - y_2) - b_y \frac{dy_2}{dt}$$

$$19. p_{c1} k_4 k_c F_k(i_{p1}) = L_e \frac{di_{m1}}{dt} + i_{m1} R_e \quad 20. p_{c2} k_4 k_c F_k(i_{p2}) = L_e \frac{di_{m2}}{dt} + i_{m2} R_e \quad 21. (L_e \frac{di_{m1}}{dt} + i_{m1} R_e) k_m = x_1 \quad 22. (L_e \frac{di_{m2}}{dt} + i_{m2} R_e) k_m = x_2$$

$$23. M_c = m_0 + m_1 Q_{n1} + m_2 p_{n1} + m_3 Q_{n1}^2 + m_4 p_{n1}^2 + m_5 p_{n1} Q_{n1} \quad 24. \beta_n = \frac{1}{E_p} + \frac{d_{mp}}{\delta_{mp} E_{mp}(p)} \quad 25. E_p = \frac{1}{\beta_p} = E_{p0} \frac{W_f / W_a + 1}{W_f / W_a + E_{p0} p_0 / p^2}$$

Дослідження стійкості



Модель гідросистеми стабільна при зміні величини $C_y=(0,7\dots1,5) \cdot 10^4 \text{ Н/м}$ та втрачає стійкість при збільшенні C_y вище значень $1,5 \cdot 10^4 \text{ Н/м}$. Значення попереднього стискання пружини клапана перепаду тиску забезпечує стійку роботу в діапазоні $H_y=(7\dots15) \cdot 10^{-3} \text{ м}$. При збільшенні H_y вище значення $15 \cdot 10^{-3} \text{ м}$, гідросистема втрачає стійкість.

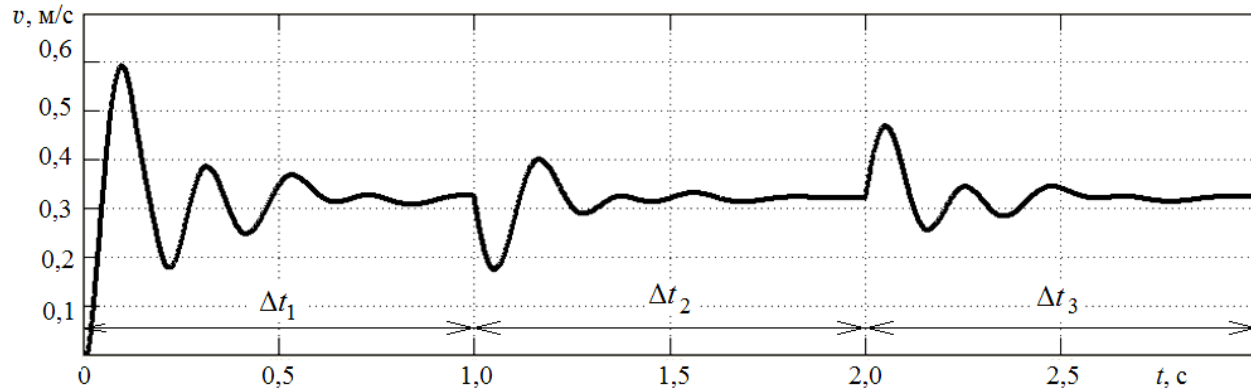
Вплив параметрів C_y та H_y на стійкість гідросистеми



Стійка робота гідросистеми забезпечує в діапазоні $f_2=(0,8\dots2) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ але при значеннях $K_y=0,1$. При значеннях $K_y=1,0$ та вище стійку роботу гідросистеми не можливо забезпечити ні при яких значеннях f_2 .

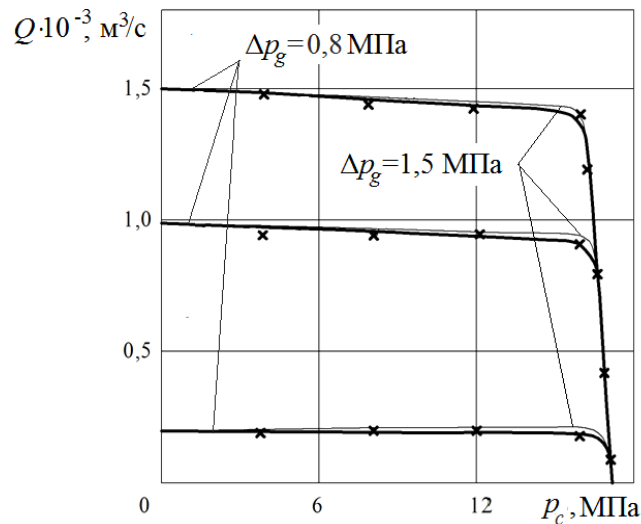
Вплив параметрів f_2 та K_y на стійкість гідросистеми

Статичні характеристики



Графік переходного процесу що відбувається в гідросистемі під час режиму роботи. Проміжок Δt_1 відповідає початку роботи бурильної установки, Δt_2 режим роботи бурильної установки при спаді навантаження на бурильній установці, Δt_3 режим роботи бурильної установки при збільшенні навантаження на бурильну установку, зображений графік роботи системи при налаштованій подачі $v=0,3$ м/с.

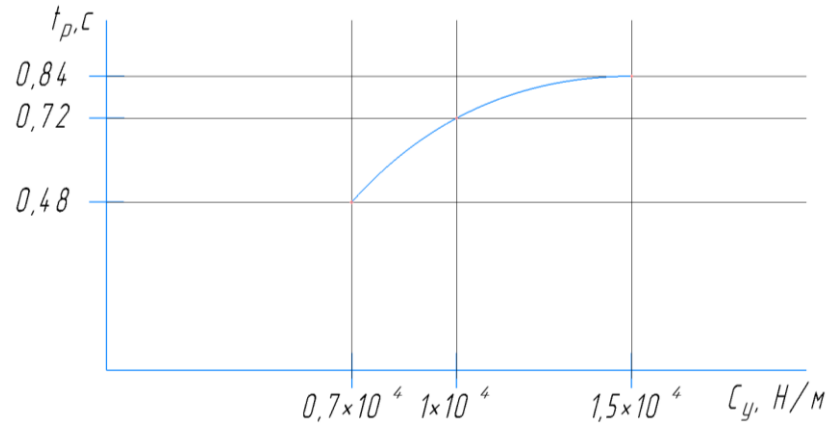
Перехідні процеси в гідросистемі бурильної установки



Величина похибки стабілізації буде залежати від величини перепаду тиску на робочому вікні регульованого дроселя . При переході з $\Delta p_g = 0,8$ МПа на $\Delta p_g = 1,5$ МПа похибка стабілізації буде зменшуватись.

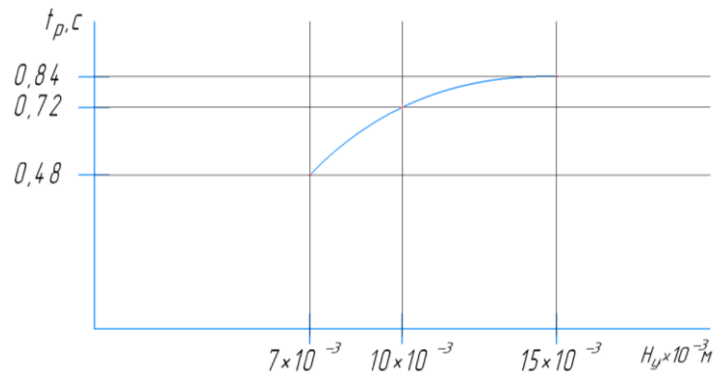
Витрата рідини в гідросистемі бурильної установки в залежності від зміни тиску на вході гідроциліндра

Динамічні характеристики



при збільшенні параметра C_y до $1,5 \cdot 10^4$ Н/м, збільшується час перехідного процесу;
при зменшенні параметра C_y до $0,7 \cdot 10^4$ Н/м, зменшується час перехідного процесу;

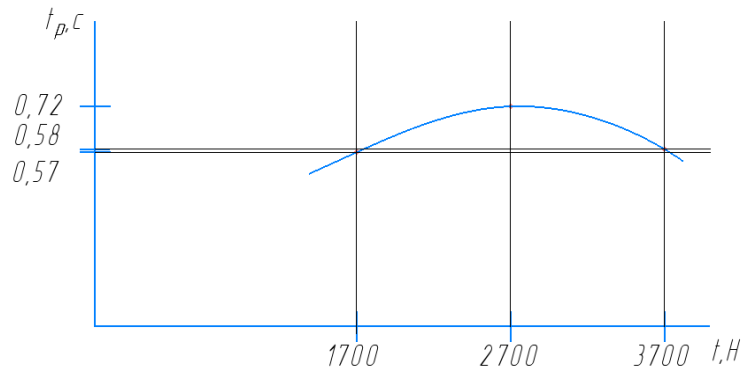
Графік часу регулювання t_p від величини жорсткості пружини C_y клапана перепаду тиску



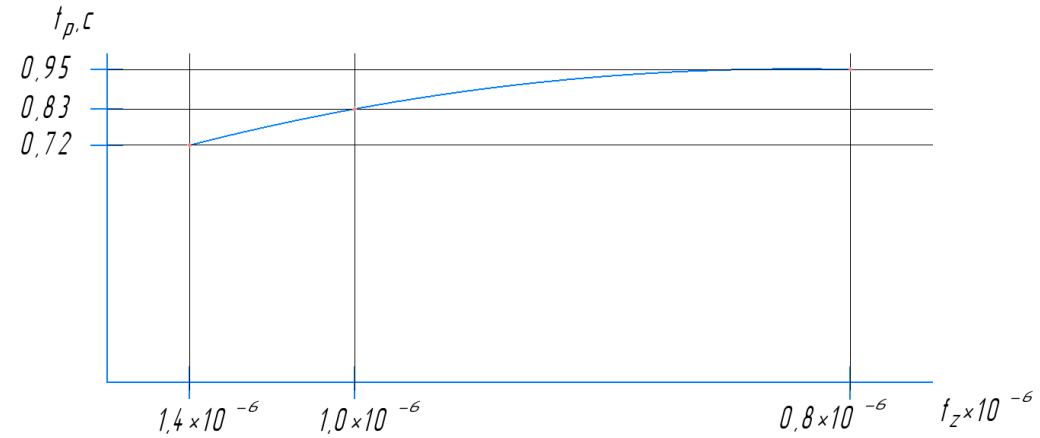
при зменшенні параметра H_y до $7 \cdot 10^{-3}$, зменшується час перехідного процесу;
при збільшенні параметра H_y до $15 \cdot 10^{-3}$, збільшується час перехідного процесу;

Графік часу регулювання t_p від величини попереднього стиснення H_y пружини клапана перепаду тиску

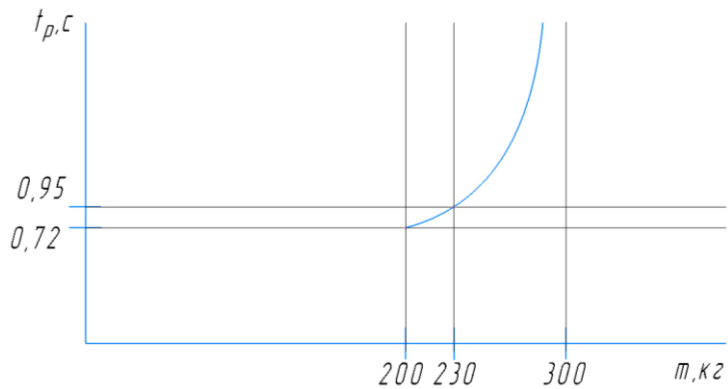
Вплив параметрів на t_p



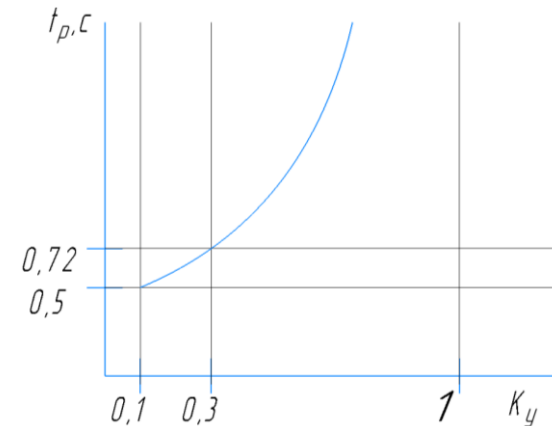
Графік часу регулювання t_p від величини навантаження t на гідроциліндрі.



Графік залежності часу переходного процесу t_p від площі демфера f_2 клапана регулятора потоку

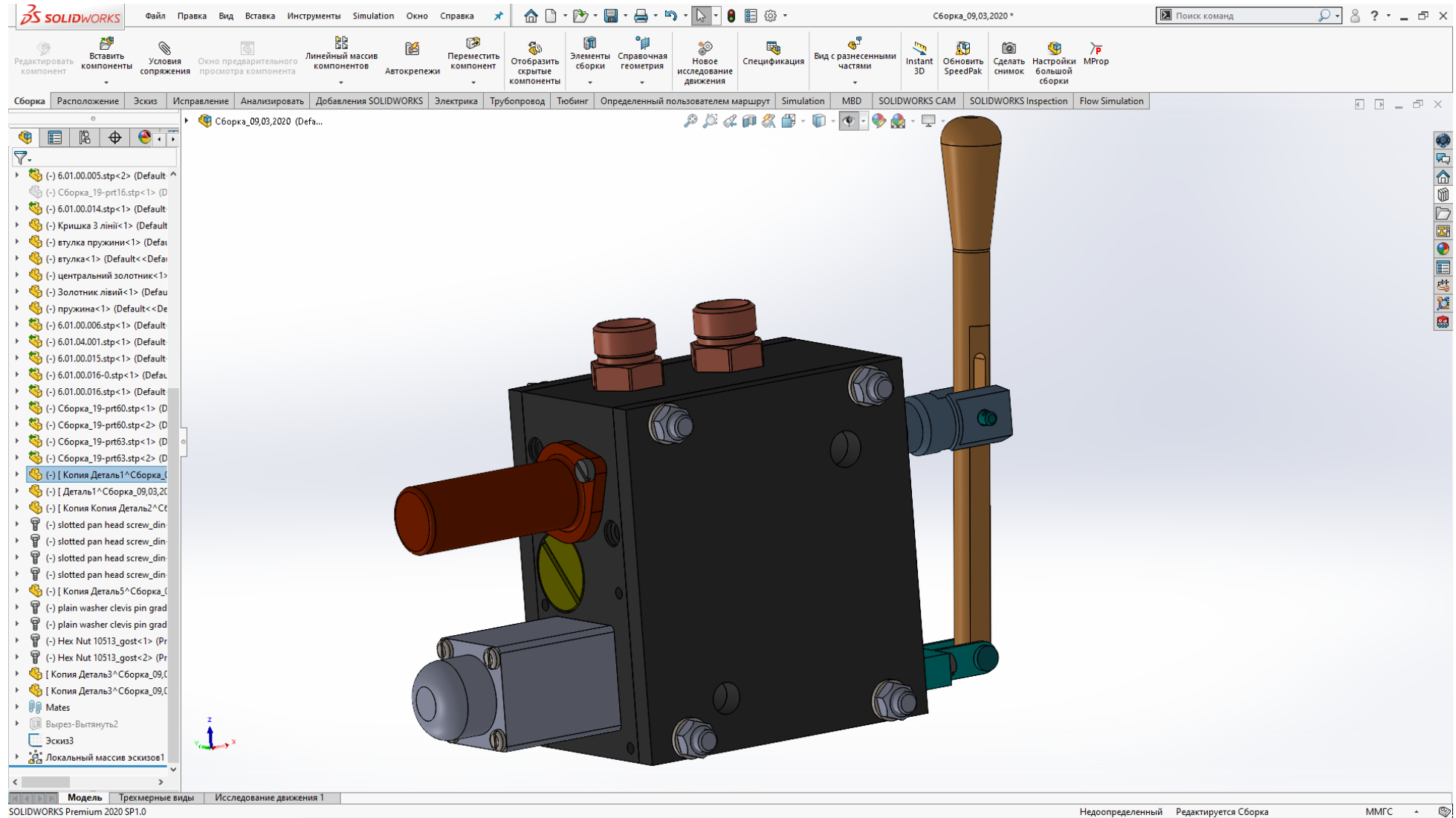


Графік часу регулювання t_p від величини навантаження m на гідромоторі.



Графік залежності часу переходного процесу t_p від коефіцієнта підвищення робочого вікна K_y клапана регулятора потоку

3D модель розподільника



Наукова новизна та практична цінність

- **Наукова новизна.**

Вдосконалена математична модель гідросистеми, що вимагає секційний розподільник з пропорційними електрогідравлічним керуванням. Знайдено залежності, що відображають вплив параметрів розподільника на динамічні характеристики гідросистеми.

- **Практичне значення одержаних результатів.**

В процесі виконання роботи розроблено нову схему гідросистеми з пропорційним керуванням. Отримано патент України на корисну модель по розробленій гідросистемі на основі дослідження по математичній моделі розроблено конструкцію секційного розподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням. Створено 3D модель розподільника та детально описано методику проектування. На основі розробленого розподільника може бути створена гідросистема для бурильно-кранової машини типу БКМ-2М, БКМ-205 на базі тракторів ХТЗ та МТЗ. В гідросистемі може бути використано контролер, що буде автоматично змінювати подачу шнека в процесі буріння при зміні твердості ґрунту. Це забезпечить безперервний процес буріння за рахунок виключення явища заштибовування шнека. Очікуваний економічний ефект від впровадження розробленої конструкції розподільника становить 191 тис. грн в рік.

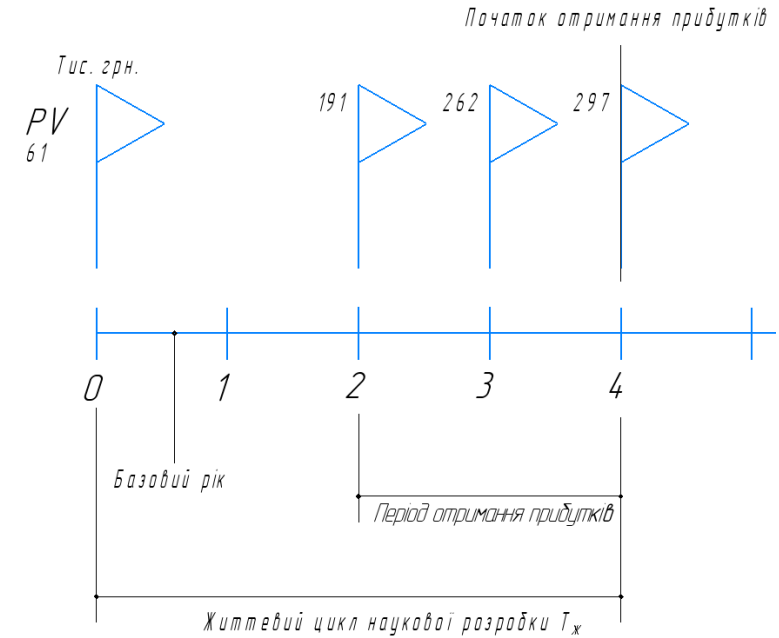
Висновки

1. Тенденцією розвитку гідросистеми для бурильно-кранових машин та устаткування є використання регульованих насосів, розподільників з пропорційним електрогідравлічним керуванням та контролерів.
2. В таких гідросистемах знижуються втрати потужності на дроселювання робочої рідини при зміні режимів різання роботи гідросистеми.
3. Запропоновано схему гідросистеми для бурильно-кранової машини на основі одного регульованого насоса, розподільника з електрогідравлічним керуванням та контролером. Отримано патент України на розроблену гідросистему .
4. Створено нелінійну математичну модель для розробленої гідросистеми з електрогідравлічним керуванням.
5. Проведено розрахунок статичних характеристик гідросистеми з розробленим розподільником по математичній моделі. Визначено, що похибка стабілізації величин потоку робочої рідини через розподільник не перевищує $A \leq 17.6\%$
6. Визначено вплив конструктивних параметрів розподільника на стійкість гідросистеми. Стійкість роботи гідросистеми забезпечується при виборі параметрів розподільника з таких діапазонів:
 $C_y = (0,7 \dots 1,5) \cdot 10^4 \text{ Н/мН}_y = (7 \dots 15) \cdot 10^{-3} \text{ м}$. $f_z = (0,8 \dots 2) \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$. $K_y = (0,1 \dots 0,9)$
7. Досліджено вплив параметрів розподільника на час регулювання в системі. Виявлено, що – збільшення:
 C_y забезпечує збільшення часу перехідного процесу
 H_y забезпечує збільшення часу перехідного процесу
8. При конструюванні розподільника слід використовувати натуральні значення параметрів розподільника:
 $C_y = 1 \cdot 10^4 \text{ Н/мН}_y = 10 \cdot 10^{-3} \text{ м}$. $f_z = 1,4 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$. $K_y = 0,3$
що забезпечують стійку роботу гідросистеми та номінальну швидкість.
9. На основі спроектованого розподільника може бути створена гідросистема бурильно-кранової машини в якій конструктор буде забезпечувати автоматичну заміну подачі шнека при зміні твердості ґрунту в процесі буріння. Це дасть змогу виключити появу заштабовування шнека та забезпечити безперебійну роботу машини на операції буріння.

Економічні показники

Загальні витрати ЗВ на виконання та впровадження результатів науково-дослідної роботи в результаті розрахунків дорівнюють 60 945,8 грн. Результати вкладених у наукову розробку інвестицій почнуть виявлятися через один рік.

Ці результати виявились у тому, що у першому році підприємство отримає збільшення чистого прибутку на 191 тис. грн. відносно базового, у другому році – збільшення чистого прибутку на 262 тис. грн. відносно базового року, у третьому році – збільшення чистого прибутку на 297 тис. грн.



Графік руху платежів