

ОДНОКАСКАДНИЙ ГЕНЕРАТОР
ІМПУЛЬСІВ ТИСКУ ПІДВИЩЕНОЇ
ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ ЗА
СХЕМОЮ ПРИЄДНАННЯ «НА ВХОДІ»
ДО ВИКОНАВЧОГО ГІДРОДВИГУНА
ГІДРОІМПУЛЬСНОЇ ВІБРОМАШИНИ

ВИКОНАВ: СТ. ГР. ІГМ-19М

МАТЮХІНА ЄЛИЗАВЕТА
ВІКТОРІВНА

КЕРІВНИК: ОБЕРТЮХ РОМАН
РОМАНОВИЧ

Метою магістерської кваліфікаційної роботи – підвищення пропускної здатності параметричного однокаскадного ГІТ на базі ПП, суміщеної із запірним елементом генератора, та використання фасочної (клапанної) герметизації запірнього елемента на обох рівнях зміни площі його поперечного перерізу під час відкриття та закриття ГІТ.

Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати такі задачі:

- виконати аналіз відомих технічних рішень і схем ГІТ, що використовуються у ГІП ВМ і ВУМ;
- на основі зробленого аналізу розробити конструкцію параметричного однокаскадного ГІТ підвищеної пропускної здатності на базі ПП за схемою приєднання до виконавчого гідроциліндра ГІП «на вході»;
- розробити динамічну модель ГІП, керованого однокаскадним ГІТ підвищеної пропускної здатності;
- на основі створеної динамічної моделі ГІП, керованого однокаскадним ГІТ підвищеної пропускної здатності розробити математичну модель приводу в якому гідравлічна ланка представлена у вигляді тіла Кельвіна – Фойгта;

- ґрунтуючись на аналізі математичної моделі ГП та орієнтовній циклограмі його робочого циклу, розробити методику проєктного розрахунку ГП та ГІТ;
- розробити принципову схему стенда для експериментального дослідження ГП, керованого однокаскадним ГІТ підвищеної пропускної здатності, з метою перевірки коректності його динамічної та математичної моделей, вибрати найбільш раціональні схеми давачів і реєструвальної апаратури для реалізації експериментальних досліджень і розробити методику проведення цих досліджень;
- виконати економічний аналіз розробленого ГІТ орієнтовним визначенням кошторису витрат на виготовлення дослідного зразка генератора та впровадження його у виробництво, а також визначити термін окупності цих витрат;
- розробити заходи охорони праці та безпеки життєдіяльності під час експлуатації ГП, керованого однокаскадним ГІТ підвищеної пропускної здатності.

Відомі конструкції ГТТ

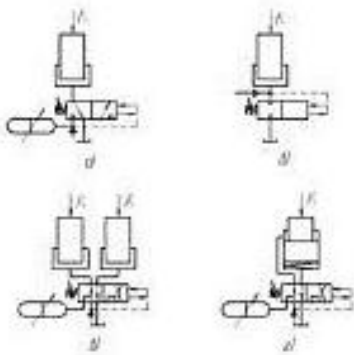


Рисунок 1.1 - Схеми зривного ГТТ зі сферою (F) – технологічне виконання

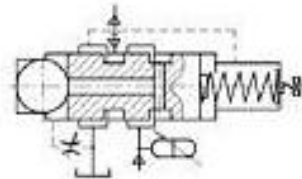


Рисунок 1.3 - Приватна схема двоскладного ГТТ з монтажним першим елементом

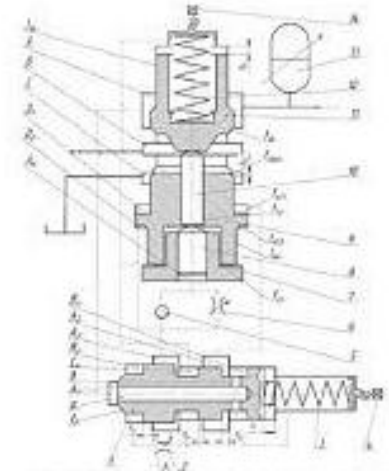


Рисунок 1.7 - Приватна схема двоскладного ГТТ з кількома елементами

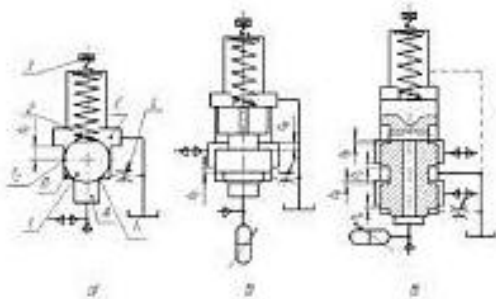


Рисунок 1.2 - Приватні схеми однокладного ГТТ трьох ді

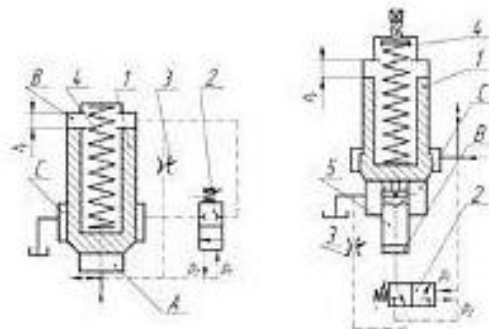


Рисунок 1.4 - Конструктивні схеми двоскладного ГТТ

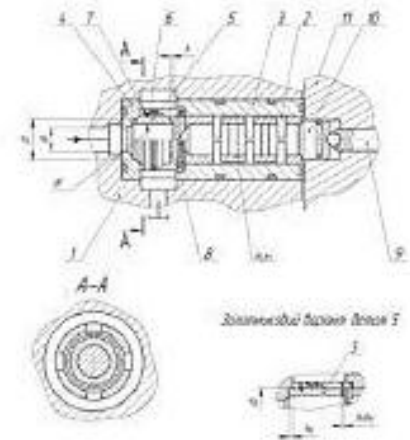
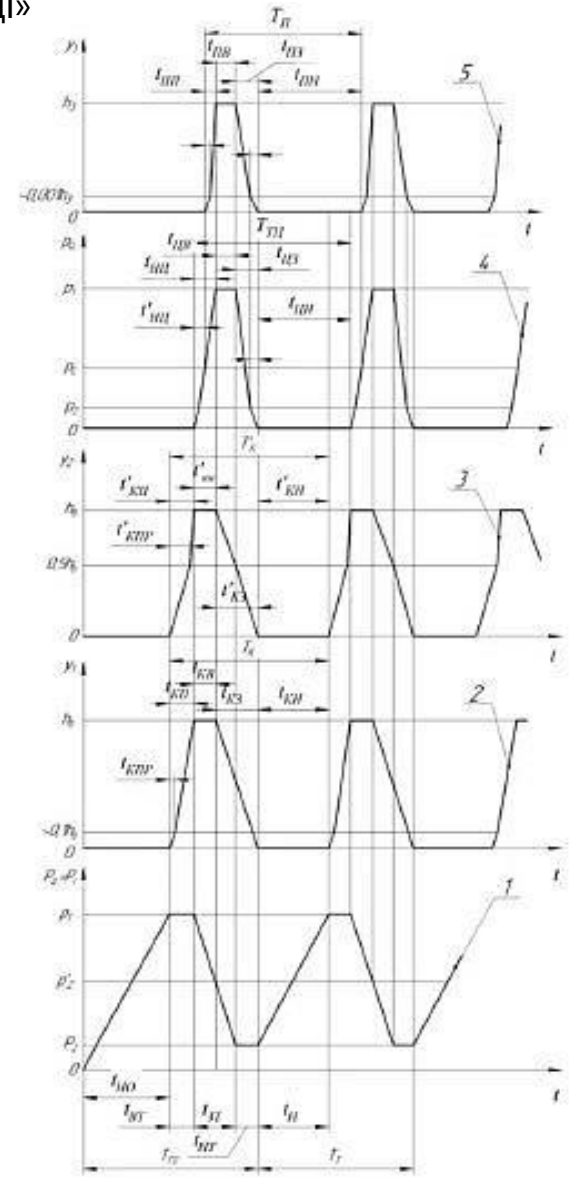
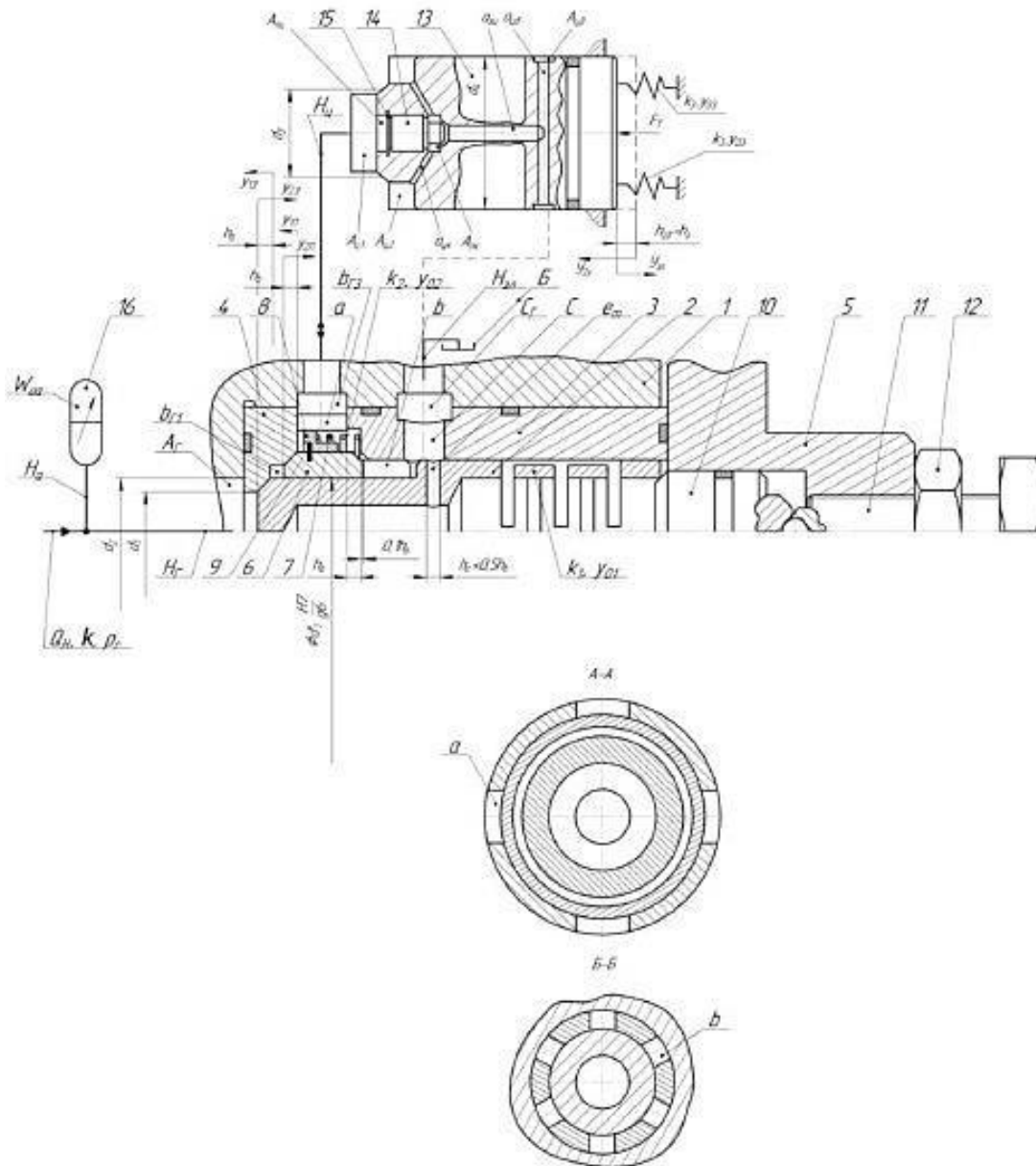


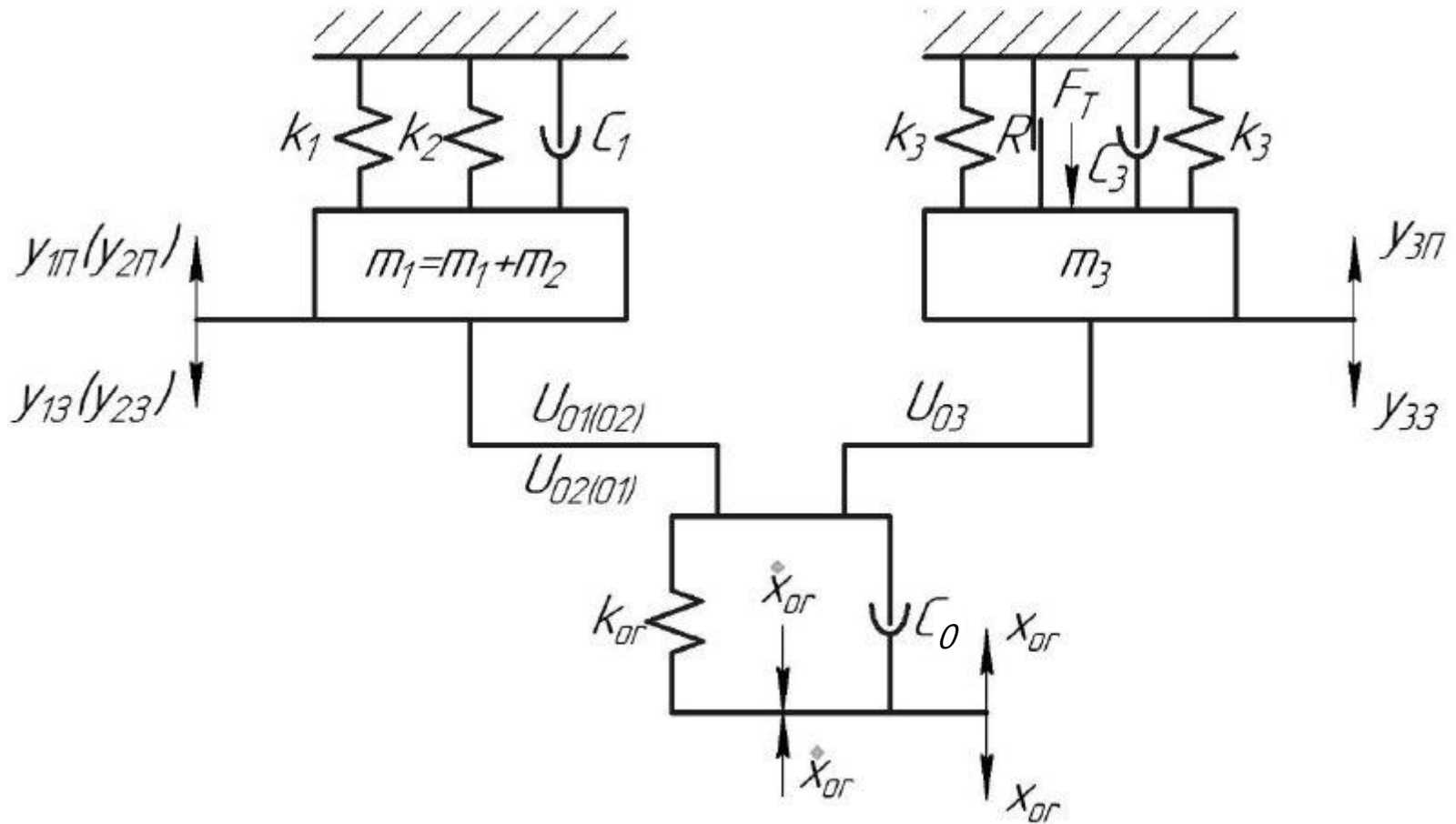
Рисунок 1.6 - Конструктивна схема однокладного ГТТ відкритої пружинної ділянки, виконаної за принципом зривного чи запорного

Конструктивна схема ГП керованого однокаскадним ГТ приєднаного до виконавчого гідроциліндра за схемою «на вході»

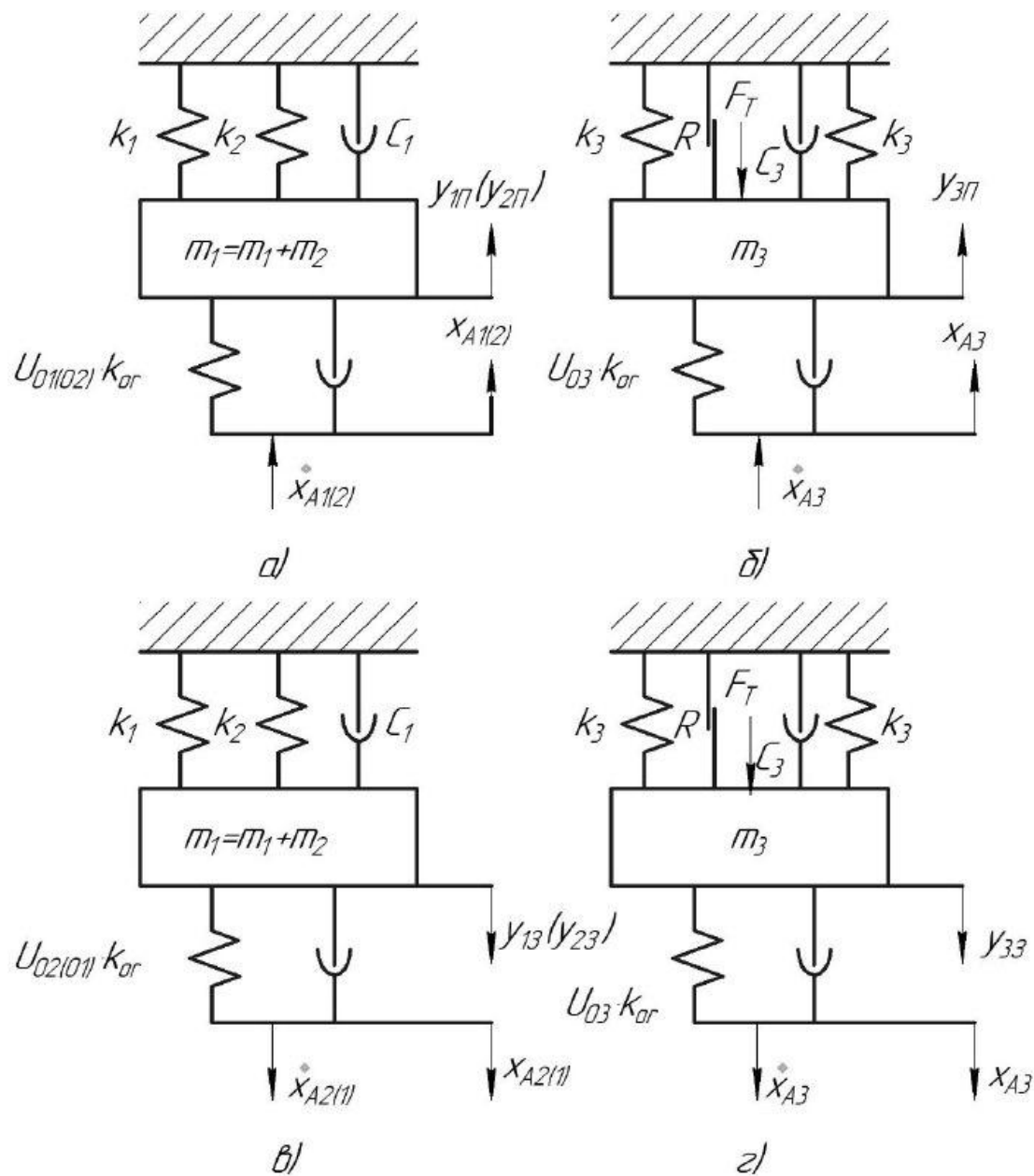


1 - крива зміни тиску в нагній камері А ГП та шквалу лідрозкилювача 16;
 2 - крива переміщення лідрого елемента 3 ГТ, 3 - крива переміщення впускного клапана 6;
 4 - крива зміни тиску параметрів A_1 , A_2 виконавчого гідроциліндра 11;
 5 - крива переміщення 3 виконавчого лідрозкилювача 13.

Динамічна модель досліджуваного ГП



Спрощені динамічні моделі прямого та зворотного ходу ланок ГІП та ГІТ



Математична модель ГП, керованого однокаскадним ГПТ підвищеної пропускної здатності

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ГП, КЕРОВАНОВОГО ОДНОКАСКАДНИМ ГПТ ПІДВИЩЕНОЇ ПРОПУСКНОЇ ЗДАТНОСТІ

На основі спрощених динамічних моделей, використовуючи принцип Д'Аламбера складено диференціальні рівняння руху мас m_{12} і m_3 під час ходів:

прямого ($x_{01} > x_{or} > x_{02}$) –

$$\begin{cases} m_{12} \cdot \ddot{y}_{1n} = U_{01(02)} \cdot k_{or} (x_{A1(2)} - y_{1n}) - k_1 (y_{1n} + y_{01}) - \\ - k_2 (y_{1n} + y_{02}) - C_1 \dot{y}_{1n} - U_{01(02)} \cdot C_0 (\dot{x}_{A1(2)} - \dot{y}_{1n}); \\ m_3 \ddot{y}_{2n} = U_{03} \cdot k_{or} (x_{A2} - y_{2n}) - 2k_3 (y_{2n} + y_{03}) - C_3 \dot{y}_{2n} - \\ - R - F_T - U_{03}^{0,23} \cdot C_0 (\dot{x}_{A2} - \dot{y}_{2n}) - m_3 g; \end{cases} \quad (1)$$

зворотного ($x_{02} > x_{or} > x_{01}$) –

$$\begin{cases} m_{12} \cdot \ddot{y}_{1n} = k_1 (y_{01} + h_a - y_{1n}) + k_2 (y_{02} + h_b - y_{1n}) - \\ - U_{02(01)} \cdot k_{or} (x_{A1(2)} - (h_a - y_{1n})) - U_{02(01)}^{0,23} \cdot C_0 (\dot{x}_{A1(2)} - \\ - \dot{y}_{1n}) - C_1 \dot{y}_{1n}; \\ m_3 \ddot{y}_{2n} = 2k_3 (y_{03} + h_2 - y_{2n}) + m_3 g - U_{03} \cdot k_{or} [x_{A2} - \\ - (h_2 - y_{2n})] - C_3 \dot{y}_{2n} - R - U_{03}^{0,23} \cdot C_0 (\dot{x}_{A2} - \dot{y}_{2n}), \end{cases} \quad (2)$$

де $x_{01} = p_1 A_0 \cdot k_{or}^{-1}; \quad (3)$

$$x_{02} = p_2 A_0 \cdot k_{or}^{-1} = x_{01} \cdot U_{21}^{0,2} + k_1 \cdot h_a \cdot U_{02}^{-0,2} \cdot k^{-1} \quad (4)$$

– відповідно, межові деформації ГЛ (відповідують тискам p_1 і p_2 ;
 $U_{21} = A_1 \cdot A_0^{-2}$ – внутрішнє передаточне відношення в ГПТ між його першим і другим ступенями герметизації ГПТ; для: $0 < y_{1n} < h_a \approx 0,5h_a - U_{01(02)} = A_1^2 \cdot A_0^{-2}$ та $m_{12} = m_1$; $h_a \leq y_{1n} \leq h_a - U_{01(02)} = A_1^2 \cdot A_0^{-2}$ і $m_{12} = m_1 + m_2$; $U_{02} = (A_1')^2 \cdot A_0^2$ для $0 < y_{2n} < 0,001 \cdot h_2$ (тут $A_1' = \pi d_1^2 / 4 \approx 0,785(d_1^2)$); для $0,001h_2 \leq y_{2n} \leq h_2 - U_{03} = A_1^2 \cdot A_0^{-2}$; $x_{A1(2)} = x_{or} \cdot U_{01(02)}$; $\dot{x}_{A1(2)} = \dot{x}_{or}$;

$U_{01(02)}$ (де $x_{A1(2)}$ і $\dot{x}_{A1(2)}$ визначаються згідно наведених вище змін y_{1n} і $U_{01(02)}$); $x_{A2} = x_{or} \cdot U_{02}^{-0,2}$; $\dot{x}_{A2} = \dot{x}_{or} \cdot U_{02}^{-0,2}$ для: $0 < y_{1n} < 0,5h_a - U_{02(01)} = A_2^2 \cdot A_0^{-2}$ і $m_{12} = m_1 + m_2$; $0,5h_a \leq y_{1n} \leq h_a - U_{02(01)} = A_2^2 \cdot A_0^{-2}$; $m_{12} = m_1$; $x_{A2(1)} = x_{or} \cdot U_{02(01)}^{-0,2}$; $\dot{x}_{A2(1)} = \dot{x}_{or} \cdot U_{02(01)}^{-0,2}$; для $0,999h_2 < y_{2n} \leq h_2$; $U_{03} = (A_1')^2 \cdot A_0^2$; $x_{A2} = x_{or} \cdot (U_{03}')^{-0,2}$; $\dot{x}_{A2} = \dot{x}_{or} \cdot (U_{03}')^{-0,2}$; $\dot{y}_{1n}, \dot{y}_{2n}, \ddot{y}_{1n}, \ddot{y}_{2n}, \dot{y}_{1n}, \dot{y}_{2n}, \ddot{y}_{1n}, \ddot{y}_{2n}$ – відповідно, поточні швидкості та прискорення мас m_{12} і m_2 під час їх прямого та зворотного ходів; $x_{A1(2)}, x_{A2(1)}, x_{A2}, \dot{x}_{A1(2)}, \dot{x}_{A2(1)}, \dot{x}_{A2}$ – відповідно, деформації та швидкості деформації ГЛ, приведені до відповідних площ поперечного перерізу ступеня герметизації ГПТ та виконавчого гідроциліндра ГПТ.

З метою виключення з систем диференціальних рівнянь (1) і (2) зайвих членів здійснюємо заміну змінних y_{1n}, y_{2n}, y_{12} та y_{23} на нові змінні z_{1n}, z_{2n}, z_{12} та z_{23} , що не змінюють характер і динаміку руху мас m_{12} і m_2 :

$$\begin{cases} z_{1n} = y_{1n} + w_{21}^{-2} (w_{01}^2 \cdot y_{01} + w_{02}^2 \cdot y_{02}); \\ z_{2n} = y_{2n} + w_{22}^{-2} [2w_{03}^2 \cdot y_{03} + (R + F_T)m_3^{-1} + g]; \\ z_{12} = y_{12} - w_{12}^{-2} [w_{01}^2 (y_{01} + h_a) + w_{02}^2 (y_{02} + h_b)]; \\ z_{23} = y_{23} - w_{23}^{-2} [2w_{03}^2 (y_{03} + h_2) + (R + F_T)m_3^{-1} + g], \end{cases} \quad (5)$$

$$\text{де } w_{21} = \sqrt{w_{01}^2 U_{02(02)} + w_{01}^2 + w_{02}^2}; w_{01} = \sqrt{k_{or} \cdot m_{12}^{-1}}; w_{02} = \sqrt{k_1 \cdot m_{12}^{-1}};$$

$$w_{03} = \sqrt{k_2 \cdot m_2^{-1}} = w_{03} \cdot (\delta_1 - \gamma_1)^{0,5} \text{ (тут } \delta_1 = k_2/k_{11}, \gamma_1 = m_{12}/m_2); w_{02} = \sqrt{k_{or} \cdot m_2^{-1}} = w_{02} \cdot \gamma_2^{0,5}; \gamma_2 = m_{12}/m_2; w_{03} = \sqrt{k_3 \cdot m_2^{-1}} = w_{03} \cdot (\delta_2 - \gamma_2)^{0,5};$$

$$\delta_2 = k_3/k_{11}; w_{12} = \sqrt{w_{r1}^2 U_{01} + 2w_{02}^2} = \sqrt{w_{r1}^2 \gamma_2 \cdot U_{01(02)} \cdot U_{03} + 2w_{01}^2 \delta_2 \cdot \gamma_2}$$

– відповідно, власні кутові частоти ГПТ та ГПЦ, визначені відносно маси m_{12} системи ГПТ – ГЛ.

Заміняючи в системах диференціальних рівнянь (1) і (2) змінні y_{1n}, y_{2n}, y_{12} та y_{23} , приведемо рівняння систем до класичного вигляду, що

описують вимушені коливання мас m_{1z} і m_2 за імпульсного збурення для ходів цих мас:

прямого ($x_{01} \geq x_{0r} > x_{02}$) –

$$\begin{cases} \ddot{x}_{1n} + 2\beta_{1n}\dot{x}_{1n} + w_{21}^2 x_{1n} = w_{\rho 1}^2 U_{01(02)}^{0,5} x_{0r}; \\ \ddot{x}_{2n} + 2\beta_{2n}\dot{x}_{2n} + w_{12}^2 x_{2n} = w_{\rho 1}^2 \gamma_2 U_{02}^{0,5} x_{0r}; \end{cases} \quad (6)$$

зворотного ($x_{02} \geq x_{0r} \geq 0$) –

$$\begin{cases} \ddot{x}_{1z} + 2\beta_{1z}\dot{x}_{1z} + w_{21}^2 x_{1z} = -w_{\rho 1}^2 U_{02(01)}^{0,5} x_{0r}; \\ \ddot{x}_{2z} + 2\beta_{2z}\dot{x}_{2z} + w_{12}^2 x_{2z} = -w_{\rho 1}^2 \gamma_2 U_{01}^{0,5} x_{0r}. \end{cases} \quad (7)$$

де

$$\begin{cases} \beta_{1n} = 0,5m_{1z}^{-1} [C_1 + U_{01(02)}^{0,25} \cdot C_0 (x_{A1(z)} \cdot y_{1n}^{-1} - 1)]; \\ \beta_{2n} = 0,5m_2^{-1} [C_2 + U_{02}^{0,25} \cdot C_0 (x_{A2} \cdot y_{2n}^{-1} - 1)]; \\ \beta_{1z} = 0,5m_{1z}^{-1} [C_1 + U_{02(01)}^{0,25} \cdot C_0 (x_{A2(1)} \cdot y_{1z}^{-1} - 1)]; \\ \beta_{2z} = 0,5m_2^{-1} [C_2 + U_{01}^{0,25} \cdot C_0 (x_{A1} \cdot y_{2z}^{-1} - 1)]; \end{cases} \quad (8)$$

- зміни коефіцієнти демпфювання під час переміщення мас m_{1z} і m_2 .

Крутові власні частоти w_{21} , $w_{\rho 1}$ та w_{12} впродовж робочого циклу змінюються, оскільки внаслідок параметричного припущення роботи ГПТ та виконавчого гідростандарта ГПЦ змінюються передаточні відношення $U_{01(02)}$ на $U_{02(01)}$, а U_{02} на U_{01} і навпаки (для розшифровку та опис параметрів до систем (1) і (2)).

Зміна деформації x_{0r} ГЛ спричиняється впродовж робочого циклу ГПЦ витратами енергоносія на початкову деформацію енергоносія, переміщення замірного елемента 3, втулки-клапана 6 та плунжера 13 та перетікання енергоносія у відповідні порожнини через відкривання та закривання ГПТ. Умови однозначності робочого циклу ГПТ відображені на орієнтовній циклограмі.

Зазначені системи нелинійних диференціальних типу (6) та (7) розв'язують і досліджують числовими методами за допомогою різних прикладних комп'ютерних програм, наприклад MATLAB, де час процесу є основним лямбда аргументом, який ділиться на певний малий (або малий) зрок. Така особливість цих числових методів дозволяє зміню деформації x_{0r} ГЛ представити у вигляді простих залежностей для ходів мас m_{1z} і m_2 :

прямого

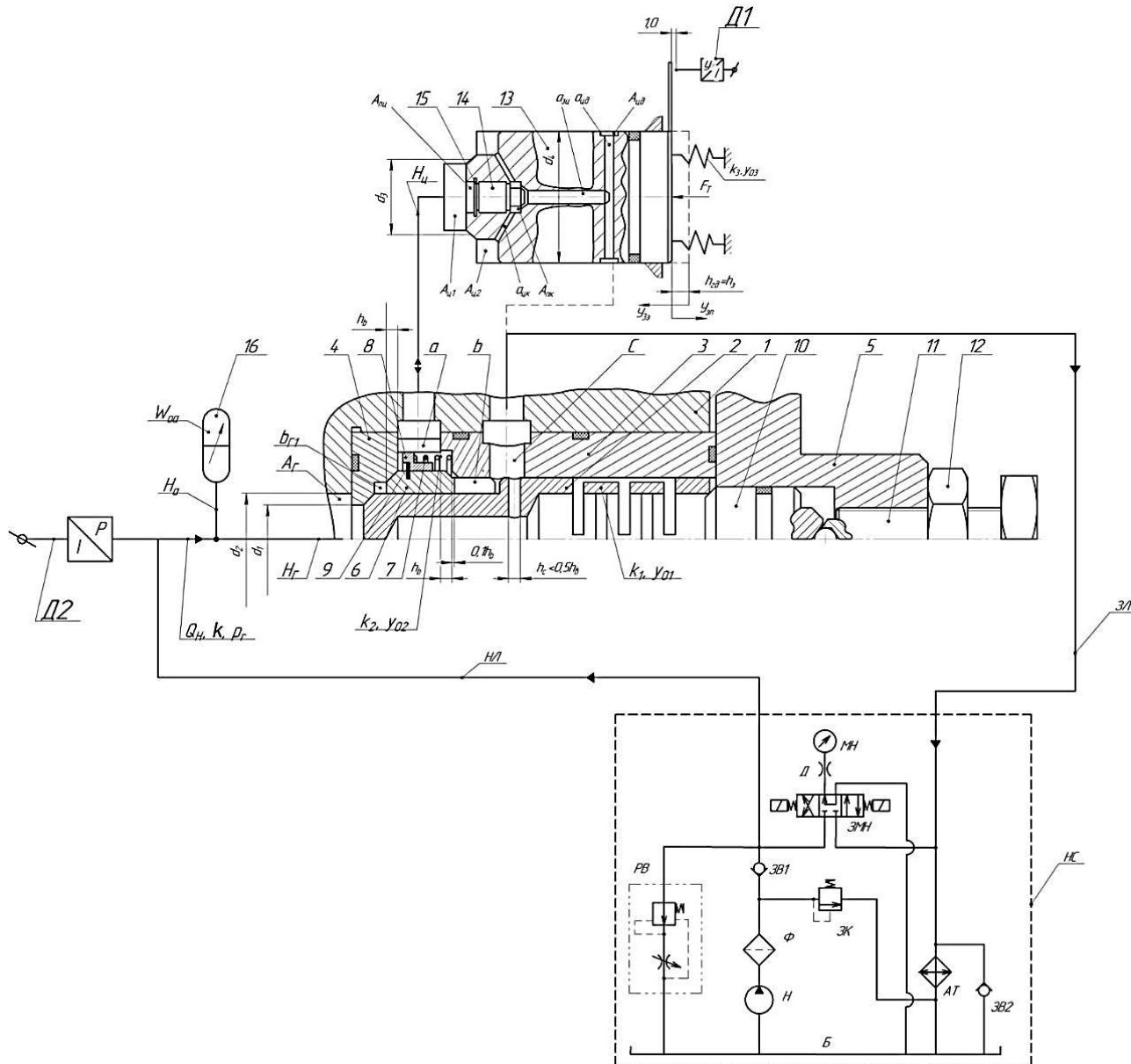
$$x_{0r} = x_{01} - Q_{22n} \cdot t \cdot A_0^{-1};$$

зворотного

$$x_{0r} = x_{02} \pm Q_{22z} \cdot t' \cdot A_0^{-1};$$

де, Q_{22n} , Q_{22z} – відповідно, витрата енергоносія через гідролінії та відкрити шліфку ГПТ що відповідає певним переміщенням лямбда ГПТ і ГПЦ на шляху прямого (J_n) та зворотного (J_z) ходів мас m_{1z} і m_2 ; t , t' – поточний час зміни певного етапу "І_n" (чи І_z) витрати енергоносія Q_{22n} чи Q_{22z} .

Гідрокінематична схема експериментального стенда для дослідження розроблення ГТ



1. На основі аналізу принципів і конструкційних схем відомих параметричних ГТ, результатів теоретичних та експериментальних досліджень ГП, керованих генераторами цього типу, встановлено, що однокаскадні ГТ застосовують в малопотужних ГП ВМ і ВУМ та як сервоприводи (перші каскади) дво - та багатокаскадних ГТ.

2. Встановлено, що способами підвищення пропускної здатності параметричних однокаскадних ГТ є суміщення їх запірних ланок (елементів) з пружними елементами високої жорсткості типу прорізних (ПП) і кільцевих (КП) пружин, а також зменшення ходу їх запірних елементів за рахунок виключення золотникової герметизації (додатного перекриття h_d) на обох рівнях зміни площі запірних елементів і використання фасочної (клапанної) герметизації та коротких ПП (чи КП), жорсткість яких визначається на межі допустимих напружень в елементах пружин, що виникають в поперечних перерізах ПП (чи КП) за максимально можливих їх навантажень.

2. В результаті схемного пошуку на основі аналізу схемних та конструкційних рішень ГТ розроблено конструкцію однокаскадного ГТ підвищеної пропускної здатності з фасковою герметизацією першого та другого ступенів герметизації ГТ на базі короткої ПП (з малою кількістю робочих кілець), яка працює на межі допустимих напружень в елементах пружини, що дозволило зменшити хід запірних елементів ГТ і збільшити діаметр умовного проходу генератора.

3. На основі конструктивної схеми ГП, керованого розробленим ГТ, обґрунтованих припущень і ГЛ ГП у вигляді тіла Кельвіна - Фойгта, побудовано динамічну модель ГП, зведені маси m_1 , m_2 та m_3 якого взаємодіють з ГЛ через передаточні числа та .

3. На основі конструктивної схеми ГП, керованого розробленим ГТ, обґрунтованих припущень і ГЛ ГП у вигляді тіла Кельвіна - Фойгта, побудовано динамічну модель ГП, зведені маси m_1 , m_2 та m_3 якого взаємодіють з ГЛ через передаточні числа та .

4. Використовуючи принцип розчленування, початкову динамічну модель ГП приведено до чотирьох простих динамічних моделей, на основі яких за принципом Д'Аламбера побудовано математичну модель ГП у вигляді диференціальних рівнянь руху мас m_1 , m_2 та m_3 умов однозначності, що обумовлюють обмеження на переміщення цих мас і узагальнених рівнянь витрати енергоносія.

5. За результатами відомих теоретичних та експериментальних досліджень ГП та ГІТ і аналізу створеної математичної моделі ГП, керованого ГІТ підвищеної пропускної здатності, розроблено методику проєктного розрахунку ГП та ГІТ, яка дозволяє за відносно простими залежностями, знайти всі основні енергетичні, силові та геометричні параметри ГІТ та ГІТ.

6. Розроблено принципову схему дослідного стенда для перевірки ступеня коректності та адекватності математичної моделі ГП, керованого ГІТ підвищеної пропускної здатності, шляхом експериментального дослідження дослідного зразка ГІТ, вибрано давачі для реєстрації зміни тиску енергоносія та переміщень рухомих ланок і схеми їх установки на стенді, а також сформульовані основні положення методики експериментальних досліджень ГП та ГІТ.

7. Проведено економічний аналіз, з метою оцінки комерційного потенціалу предмета досліджень, в якому оцінено витрати на виготовлення та впровадження дослідного зразка ГІТ, розраховано орієнтовний розмір прибутку та необхідних інвестицій для реалізації впровадження у виробництво розробленого ГІТ та термін їх окупності, чим підтверджено доцільність виконання цієї теми МКР.

8. В розділі з охорони праці обґрунтовані основні положення правил безпеки під час експлуатації ГП та ГІТ, визначено основні шкідливі і небезпечні фактори та їхній вплив на обслуговуючий персонал і розроблено організаційні та технічні заходи усунення цих факторів або їх зменшення.

ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!