

ІЄРАРХІЧНА ТА УЗАГАЛЬНЕНА МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ  
ГІДРОАГРЕГАТУ ЖИВЛЕННЯ ГІДРОСИСТЕМ

Стратегічним напрямком розвитку об'ємного гідроприводу є підвищення його технічного рівня при одночасному зростанні питомої потужності, зменшення габаритів та металоємності. Блочно-модульний підхід до проектування об'ємних гідроагрегатів дозволяє проводити їх декомпозицію, зменшити кількість степенів вільності, отримати ієрархічну структуру, провести структурний синтез та спростити схемну реалізацію за рахунок мінімізації внутрішніх зворотних зв'язків, які можна отримати з інформаційної моделі, підпорядкувати структуру об'єкта процесу функціонування, використовувати типові модулі при їх побудові [1]. Застосування модульного принципу побудови складних систем дозволяє досконало вивчити окремі модулі, однак при цьому виникає необхідність дослідження їх взаємозв'язків.

Складовою та невід'ємною частиною об'ємних гідроприводів та гідросистем є гідроагрегати живлення (ГАЗ), характеристики і якість яких, у значній мірі, визначають характеристики і якість гідравлічної системи, і машини в цілому. Зазначимо, що аналіз і синтез ГАЗ базується на математичних моделях робочого процесу його окремих елементів.

На основі системного підходу, за морфологічним принципом, побудована ієрархічна модель ГАЗ гідросистеми підйомного механізму стрілового крана, рис.1 [2]. На основі запропонованої ієрархічної моделі, розроблена узагальнена математична модель робочого процесу ГАЗ. Були прийняті наступні припущення: корпуса усіх елементів ГАЗ та магістралей – абсолютно жорсткі, а їх пружні властивості враховуються модулем об'ємної пружності робочої рідини (PP); пружини працюють в межах де їх характеристики лінійні та не відбувається відрив їх кінців від поверхонь контакту; початковими ділянками трубопроводів та каналів нехтували; у пристроях ГАЗ відсутні: витоки, кавітація, гідравлічний удар і виконується умова нерозривності PP; швидкість звуку в PP є сталою та значно більшою за швидкість руху PP; PP – ньютонівська, а її течія ізотермічна.

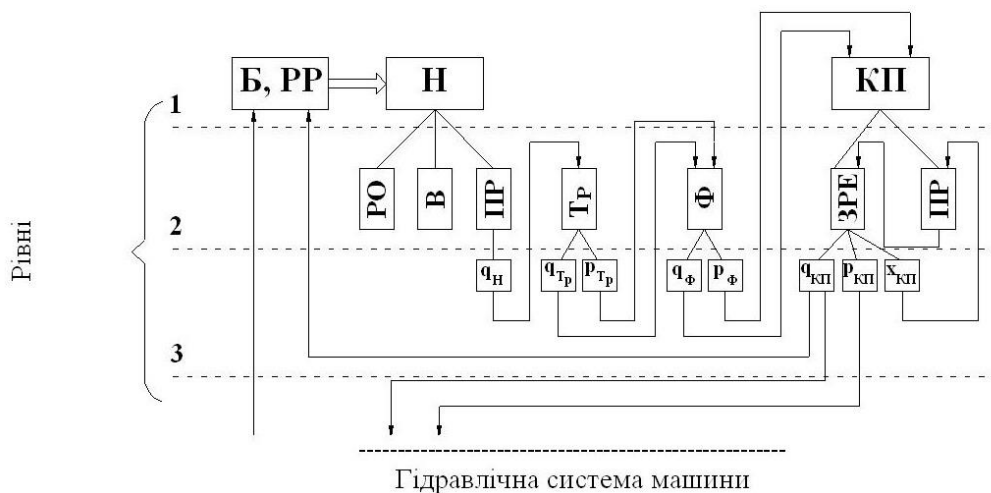


Рисунок 1 – Ієрархічна модель типового ГАЗ гідросистеми: Б – бак; Н – насос; КП – клапан запобіжний; РО – робочі органи; В – вал; ПР – пружина; Тр – трубопровід; Ф – фільтр;  $q_i$  і  $p_i$  – відповідно витрата і тиск на виході  $i$ -го гідропристрою;  $x_{кп}$  – переміщення ЗРЕ КП

При прийнятих припущеннях математична модель робочого процесу ГАЗ містить

рівняння:

- зміни стану РР:

$$T_a = \text{const}; \rho(t) = f(p, T_a, t), \quad (1)$$

де  $T_a$  – температура РР;  $t$  – час;  $\rho$  – густина РР;

- витрати на виході з об'ємного насоса

$$q_H = V_p n, \quad (2)$$

де  $V_p$  і  $n$  – відповідно робочий об'єм і частота обертання вала насоса;

- тиску на виході з трубопроводу який знаходили за математичними моделями у зосереджених параметрах, за Т- чи Г-подібною схемою з роботи [3];

- перепаду тиску на фільтрі [4]

$$\Delta p_\Phi = \mu q_H / (k_\Phi A_\Phi), \quad (3)$$

де  $\mu$  – коефіцієнт динамічної в'язкості РР;  $k_\Phi$  і  $A_\Phi$  – відповідно коефіцієнт пропорційності фільтрувального матеріалу, [4] і площа поверхні фільтроелемента;

- руху запірно-регулюючого елемента (ЗРЕ) запобіжного клапана

$$m_{\text{КП}} \ddot{x}_{\text{КП}} = \Sigma F_{\text{КП}}, \quad (4)$$

де  $m_{\text{КП}}$  і  $\ddot{x}_{\text{КП}}$  – відповідно маса ЗРЕ запобіжного клапана та приведеної до нього всіх рухомих частин і його прискорення;  $\Sigma F_{\text{КП}}$  сума сил які діють на ЗРЕ запобіжного клапана;

- обмеження переміщення ЗРЕ запобіжного клапана

$$0 < x_{\text{КП}}(t) \leq x_{\text{КП max}}; \quad (5)$$

- витрати РР з запобіжного клапана яка надходить до гідросистеми

$$q_{\text{КП}} = G(x_{\text{КП}}) \sqrt{p_\Phi - p_{\text{ПК}}}, \quad (6)$$

де  $p_\Phi$  і  $p_{\text{ПК}}$  – відповідно тиски на вході і виході запобіжного клапана;  $G(x_{\text{КП}})$  – гідравлічна провідність дроселюючої щілини запобіжного клапана залежно від переміщення його ЗРЕ  $x_{\text{КП}}$ ;

- нерозривності

$$q_{\text{ГАЗ}}(t) = q_H = q_{\text{КП}}(t) = q_{\text{ТР}}(t) = q_\Phi(t). \quad (7)$$

Математичну модель ГАЗ отримують з'єднуючи математичні моделі окремих її елементів математичними моделями трубопроводів та каналів. Розрахунок сил, які входять до рівняння (4), проводять у відповідності до відомих з літературних джерел аналітичних залежностей, наприклад роботи [5].

За розробленою ієрархічною моделлю ГАЗ запропонована узагальнена математична модель його робочого процесу, яка дозволяє більш докладно визначити значення його робочих параметрів та є базою для його подальшого синтезу та оптимізації.

### Література

1. Андренко П.Н. Тенденции развития объемных гидроприводов / П.Н. Андренко, З.Я. Лурье // Промислова гідравліка і пневматика. – Вінниця: ВДАУ, 2013. – № 3 (41). – С. – 3–12.
2. Андренко П.М. Ієрархічна модель гідроагрегату живлення для гідросистем мобільних машин / П.М. Андренко, О.Б. Панамарьова // Зб. Наук. Праць УкрДАЗТ. – Х. : УкрДАЗТ, 2014. – Вип. 148. – Ч. I. – С. 127–132.
3. Скляревский О.М. Об'ємний гідропривід: навч. посіб. / О.М. Скляревский. – Запоріжжя: ЗНТУ, 2001. – 212 с.
4. Объемные гидравлические приводы / Башта Т.М., Зайченко И.З., Ермаков В.В. и др.; под ред. Т.М. Башты. – М.: Машиностроение, 1968. – 628 с.
5. Андренко П.М. Гідравлічні пристрої мехатронних систем : навч. посіб. / П.М. Андренко. – Х. : Видавничий центр НТУ “ХПІ”, 2014. – 188 с.