

УДК 550.34.013.4

О.В. Богуславський, Д.В. Костюк

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

### До питання побудови математичної моделі гідравлічного мультиплікатора

Гідравлічний привід набув поширення, маючи конкурентні переваги, до яких відносяться надійність його функціонування, можливість безпосереднього отримання поступального руху та інші. Найбільш часто використовуються насосний і насосно-акумуляторний типи приводу поступального руху.

Важливою перевагою насосного приводу є його більш високий ККД (0,6...0,85), порівняно із іншими типами. Також значною перевагою є відсутність постійного високого тиску в системі, малі габарити, просте управління. Істотний недолік цього приводу - значна установча потужність насосів, яка в повному обсязі використовується на значному інтервалі робочого циклу. Інший підхід – застосування мультиплікаторів [1 - 3].

Робота гідравлічної системи з гідравлічним мультиплікатором характеризується порційною подачею рідини, що з однієї сторони є недоліком, для систем де необхідно забезпечити плавний рух, з іншої сторони цей нюанс можна використати для дискретного керування приводом.

Для дослідження роботи мультиплікатора в складі гідравлічної системи одним з методів може бути комп'ютерне математичне моделювання функціонування пристрою в складі гідравлічної системи.

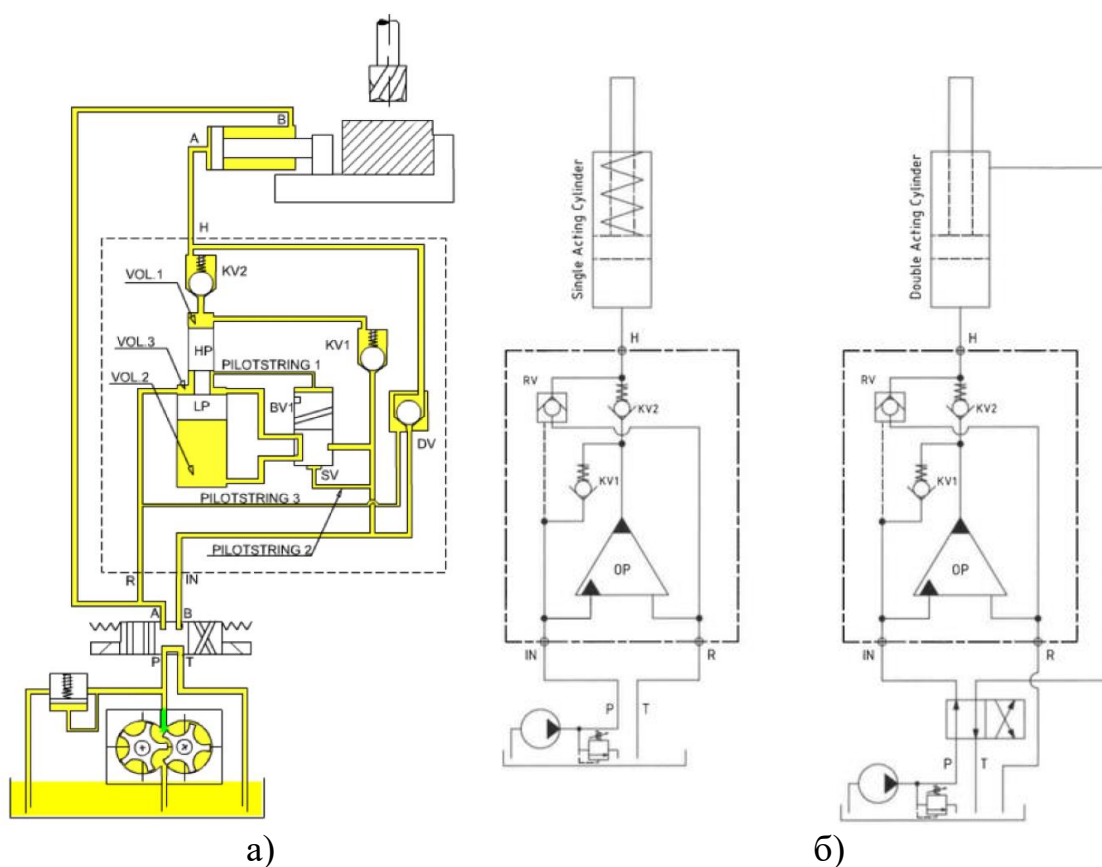
Оскільки основною задачею мультиплікатора є підвищення тиску, то при побудові моделі обов'язково необхідно враховувати стискуваність рідини. При підвищенні тиску об'єм зменшується.

Іншим фактором, що впливає на ефективність роботи мультиплікатора є швидкодія клапанів, які в ньому застосовуються, та їх характеристики, зокрема коефіцієнт витрати.

Розглянемо роботу гідравлічної системи з мультиплікатором на прикладі комерційного рішення від компанії «miniBOOSTER» - це коливальні підсилювачі. Вони автоматично багаторазово посилюють тиск у системі саме в ті моменти часу, коли це необхідно. Ця функція miniBOOSTER базується на

запатентованій системі. Структурна та принципова схема мультиплікатора тиску відображена на рис. 1.

Гідравлічна рідина під тиском системи подається на вхід до мультиплікатора. При тиску, що є меншим, ніж чутливість зворотнього клапану, потік рідини проходить напряду крізь мультиплікатор. Якщо в системі виникає потреба в підвищеному тиску, за рахунок опору рідини в трубопроводі, зворотній клапан спрацьовує, активується мультиплікатор тиску, який багатократно підвищує тиск в системі. Як тільки потреба в ньому зникає, рідина знову починає рухатись в обхід [4].



235

Рис. 1. Структурна (а) та принципові (б) схеми досліджуваного мультиплікатора [4]

Робоча рідина в гідросистемі приймається сумішшю рідини та деякої кількості нерозчиненого повітря. Враховується зміна об'ємного модуля пружності розчину від тиску в камері та кількості наявного повітря, змінюється за наступним законом (рис. 2).

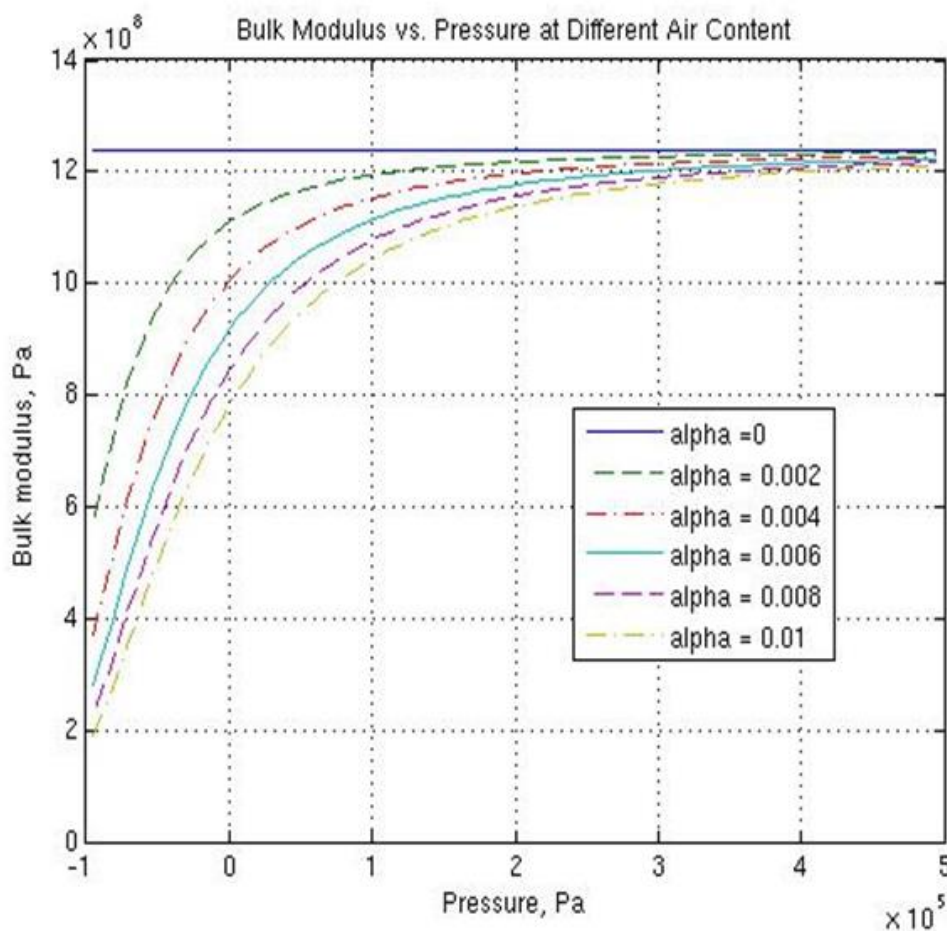


Рис. 2 Графік залежності об'ємного модуля пружності від тиску при різних кількості розчиненого в рідині повітря [5]

Модель, що враховує стискуваність рідини, та розчиненого в ній повітря, моделюється наступними рівняннями [5]:

$$q = \frac{V_0 + F \cdot x}{E} \cdot \frac{dp}{dt}$$

$$E = E_l \frac{1 + \alpha \left( \frac{P_a}{P_a + p} \right)^{1/n}}{1 + \alpha \frac{P_a}{n(P_a + p)^{\frac{n+1}{n}}} E_l}$$

де:  $q$  – витрата викликана стискуваністю рідини;  
 $V_0$  – початковий об'єм рідини в камері;  
 $V$  – зміна об'єму камери;  
 $E$  – об'ємний модуль пружності;  
 $E_l$  – об'ємний модуль пружності рідини;  
 $p$  – тиск в камері;  
 $p_0$  – атмосферний тиск;  
 $\alpha$  – відносний вміст газу при атмосферному тиску,  $\alpha = V_G/V_L$ ;  
 $V_G$  – об'єм газу при атмосферному тиску;  
 $V_L$  – об'єм рідини;  
 $n$  – відносна питома теплоємність газу.

#### Висновки:

1. Використання мультиплікатора тиску є доцільним у випадках систем, що не потребують плавності ходу та короткочасно працюють на надвисоких тисках, їх функціонування вносить особливості в роботу гідравлічної системи, що ускладнює прогнозування характеристик приводу.

237

2. При розрахунках мультиплікатора тиску, слід враховувати ряд факторів, серед яких провідну роль відіграють швидкодія спрацювання гідроапаратури, стискуваність рідини та кількість розчиненого в ній повітря.

#### Список використаних джерел

1. Добринский Н.С. Гидравлический привод прессов [Текст] / Н.С. Добринский. -М.: Машиностроение, 1975,- 222с.
2. Навроцкий К.Л. Теория и проектирование гидро- и пневмоприводов [Текст]. -М.: Машиностроение, 1991,- 384с.
3. Разработка и исследование гидравлического редукторно-мультипликаторно-го при-вода металлургических машин [Текст] / А.П. Потапенков, С.С.Пилипенко, Ю.Г. Серебренников и др. // Известия ВУЗов. Чёрная металлургия. - 2009. - №8. - С.54-59.
4. <https://www.minibooster.com/how-does-minibooster-work/>
5. [http://www.simumath.com/library/book.html?code=HYDRA\\_library](http://www.simumath.com/library/book.html?code=HYDRA_library)