

шенні λ на 50 % слід очікувати двократного зниження коефіцієнта опору ζ_L , що у свою чергу різко зменшує ступінь нерівномірності η . З рис.3 видно, що введення полімерних додатків з метою підвищення рівномірності роздачі води дає більший ефект у трубопроводах з великими значеннями шпаруватості f і малими значеннями гідравлічного опору ζ_L . Так, для $f = 4,0$ зниження λ_0 вдвоє спричиняє 3-5-кратне зменшення ступеня нерівномірності η .

Підставляючи лінійну залежність коефіцієнта гідравлічного тертя від концентрації ПАА, яка існує при $C \leq 50$ ppm [5], в узагальнене рівняння для ступеня нерівномірності $\eta(f; \zeta_L)$, можна отримати залежність η від концентрації C ПАА, справедливу при постійному коефіцієнті витрати отворів $\mu = 0,62$:

$$\eta = [1 + 0,0016(\lambda_w - kC)L/D] \times \exp \{0,116 f \cdot [(\lambda_w - kC) \times L/D]^{0,5347}\}, \quad (8)$$

де λ_w – коефіцієнт гідравлічного тертя для течії води без додатків.

Отже, дослідження впливу конструктивних параметрів розподільних трубопроводів на величину нерівномірності роздачі рідини показало, що особливості роздачі рідини визначаються трьома безрозмірними параметрами – коефіцієнтом витрати отворів μ , шпаруватістю труб f та приведеним коефіцієнтом опору трубопроводу ζ_L . Досліджено, як впливає на ступінь нерівномірності роздачі води кожен з цих трьох параметрів та показано можливість збільшення рівномірності віддачі води введенням у потік полімерних додатків типу ПАА.

1. Константинов Ю.М. *Специальные вопросы гидравлики систем водоснабжения и водоотведения*. – Уч. пособ. – К., 1981. 2. Смыслов В.В., Езерский Н.О. *Гидравлический расчет перфорированных цилиндрических трубопроводов с раздачей расхода* // *Гидравлика и гидротехника*. – 1980. – Вып.30. – С.52-59. 3. Большаков В.А. и др. *Справочник по гидравлике*. – К., 1984. 4. Berman N.S. *Drag reducing by polymers* // *Ann. Rev. Fluid Mech.* – 1978. – № 10. – С.47-64. 5. Чернюк В.В., Жук В.М. *Стабілізація витрати рідини, що витікає з резервуару при змінному напорі* // *Вісн. ДУ "Львівська політехніка"*. – 1996. – № 304. – С.76–80.

УДК 62–54(621.532.1+621.646.4)

Чернюк В.

ДУ "Львівська політехніка", кафедра гідравліки та сантехніки

РЕГУЛЮВАННЯ ТИСКУ В ГІДРАВЛІЧНИХ І ПНЕВМАТИЧНИХ СИСТЕМАХ

© Чернюк В., 2000

The review is given and the classification of ways of regulation of pressure in devices of hydraulic and pneumatic systems of automation is offered.

Вступ. Поширене застосування гідравлічних і пневматичних систем спонукало до розробки різноманітних засобів керування потоками середовищ. Управління течіями рідин і газів передбачає такі дії: від'єднання; зміну напрямку руху; розподіл; змішування; скидання; регулювання параметрів потоку. Останнє полягає у змінюванні чи підтримуванні заданого постійного значення: витрати; тиску; температури; концентрації компонентів середовища; розподілу швидкостей у потоці [1,2].

Мета роботи – огляд і класифікація способів регулювання тиску в напірних гідравлічних і пневматичних системах.

Відомі способи регулювання тиску можна згрупувати за такими ознаками:

1. Дроселювання потоку покладено в основу роботи всіх відомих регуляторів тиску [1-3]. Вони являють собою трубопровідну арматуру, призначену для пониження та автоматичного й автономного підтримування тиску робочого середовища на заданому рівні без залучення сторонніх джерел енергії. У регуляторах тиску чутливим елементом служить мембрана чи сильфон (рис.1) або манжета, плунжер, поршень та ін.

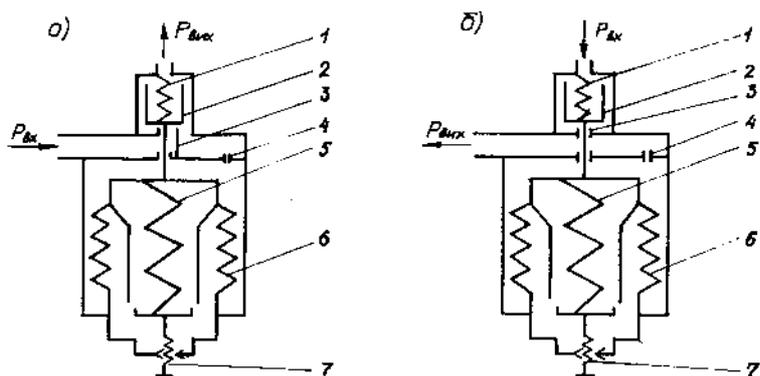


Рис.1. Схеми регуляторів тиску:
а – прямої дії; б – зворотної дії:

1–запірна пружина; 2–клапан; 3 – сідло; 4 – жиклер;
5 – натискна пружина; 6 – сильфон; 7 – регулювальний гвинт [3]

2. Дія на потік струменями керування здійснюється без рухомих механічних частин і застосовується в гідропневмоавтоматиці для управління потоком рідини чи газу за тиском. Силевий потік, спрямований соплом у приймальний канал, відхиляють струменями керування, котрі подаються під кутом до потоку (рис. 2), зменшуючи цим тиск у приймальному каналі [4–6].

У гідравлічному підсилювачі тиску [7] (рис.3) керівні струмені витікають з радіальних сопел від осі силового потоку, від'єднуючи від останнього периферійну кільцеву частину,

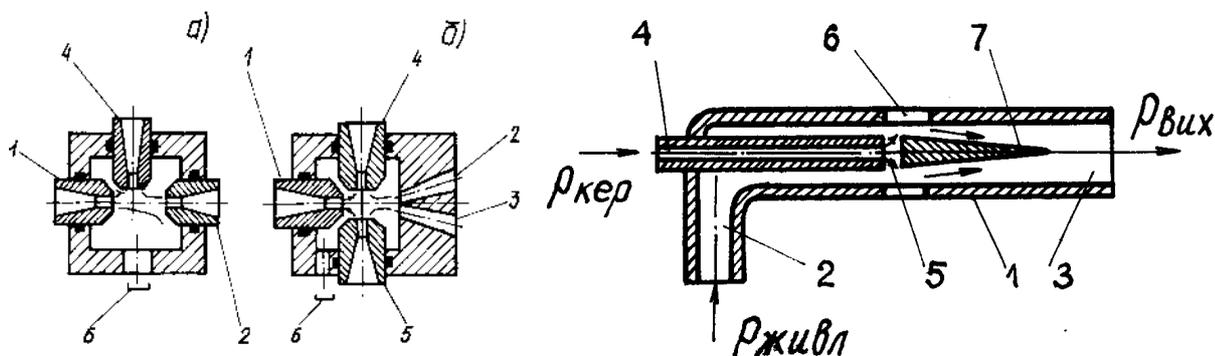


Рис.2. Схеми аналогового струминного елемента з поперечною взаємодією струменів: а – базова; б – диференційна:
1 – сопло живлення; 2,3 – приймальні канали; 4,5 – сопла керування; 6 – злив [4]

Рис.3. Гідравлічний підсилювач тиску:
1 – корпус; 2 – канал живлення; 3 – вихідний канал; 4 – канал керування; 5 – радіальні сопла; 6 – вікна в корпусі; 7 – відбивний конус [7]

котра видаляється в атмосферу через вікна у корпусі. Тиск у вихідному каналі силового потоку падає зі збільшенням частки від'єданого потоку.

Максимальний коефіцієнт посилення сигналу за тиском у пристроях з відхиленням силового потоку звичайно не перевищує 15-20 [6]. При розглянутому регулюванні є втрати середовища силового потоку. Безповоротно втрачається енергія струменів керування та відгалуженої частини силового потоку.

3. Турбулізація ламінарного потоку, наприклад, газу в капілярі за допомогою звукових сигналів, спрямованих нормально до газового потоку [8,9]. Внаслідок турбулізації зростає гідравлічний опір капіляра, а тиск на виході з нього падає (рис.4,5). На створення звукових сигналів керування силовим потоком споживається значно менша кількість енергії, ніж на формування рідинних або газових струменів управління. Застосування способу нами виявлено лише для газових потоків.

Акустико-пневматичний перетворювач [8] пропонується застосовувати у пневматичних пристроях промисловості та транспорту, а струминний демодулятор [9] – у пневмоакустичних вимірювачах складу газових сумішей.

4. Створення в потоці кавітаційної ділянки, як-от фокусуванням в його звуженому перерізі ультразвукових коливань зі змінною амплітудою. Останні формуються електричним випромінювачем (рис.6). Кавітація, що при цьому розвивається, спричинює збільшення гідравлічного опору каналу тим сильніше, чим вища амплітуда коливань [10].

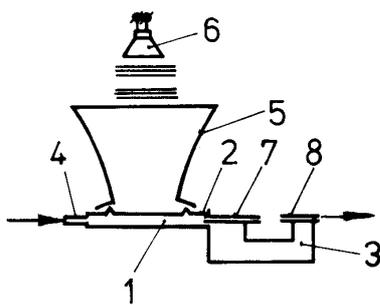


Рис.4. Акустико-пневматичний перетворювач: 1 – циліндрична камера; 2 – тонкостінна металева гофрована гнучка мембрана; 3 – турбулентний підсилювач; 4 – лінія живлення; 5 – рупор; 6 – джерело звукових коливань; 7 – капіляр живлення; 8 – приймальний канал [8]

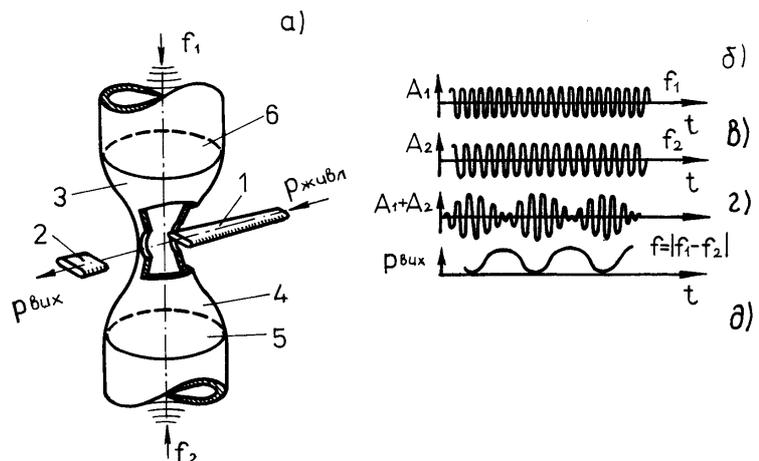


Рис.5. Струминний демодулятор: а – будова пристрою; б – циклограма вхідного звукового сигналу з частотою f_1 ; в – те саме, f_2 ; г – те саме, сумарного сигналу в звуковому керувальному каналі; д – циклограма тиску $p_{вих}$ у приймальному капілярі; 1 – капіляр живлення; 2 – приймальний капіляр; 3, 4 – звукові керувальні канали; 5, 6 – розподільвальні мембрани [9]

Розглянутий спосіб зміни гідравлічного опору каналу характеризується швидкодією й рекомендується до застосування в системах керування рухомими об'єктами та в робототехніці.

Чутливість зміни гідравлічного опору посилюється при додатковому введенні в силовий потік рідини струменя газу [11], однак реалізація способу вимагає одночасного використання різних видів енергії: електричної, гідравлічної та пневматичної.

5. Закручування потоку робочого тіла застосовують у струминних вихорових елементах, таких як підсилювачі тиску, котрі застосовуються в гідропневмоавтоматиці. Гранічний коефіцієнт посилення їх за тиском досягає 100 і навіть 1000. Основною частиною пристрою є вихорова камера (рис.7). При вимкненні керівних струменів силовий потік входить у камеру в радіальному напрямку та витікає через вихідний отвір без обертання, з тиском практично таким самим, як на вході. При подачі керівної витрати силовий потік закручується. Внаслідок збільшення тангенційної складової швидкості з наближенням рідини до центра виникає відцентровий градієнт тиску, котрий перерозподіляє статичний тиск вздовж радіуса вихорової камери. Внаслідок цього статичний тиск в поясі, що прилягає до вихідного отвору підсилювача тиску, падає, отож зменшується вихідна витрата через пристрій [6].

Однак з метою поглиблення регулювання закручування силового потоку небажане в період відсутності керівного сигналу. Тому для усунення непотрібних гвинтових течій у вихідному каналі вихорового підсилювача [12] пропонується встановлення спрямного апарата будь-якого відомого типу, як-от лопатевого чи сотового.

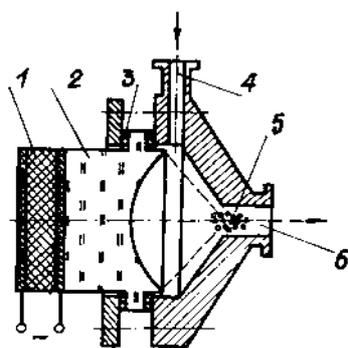


Рис.6. Керований гідравлічний опір:
1 – випромінювач (титанат барію); 2 – акустичний концентратор (плексиглас); 3 – вібропоглинальна прокладка (гума); 4 – вхідний канал; 5 – кавітаційна ділянка; 6 – вихідний канал [10]

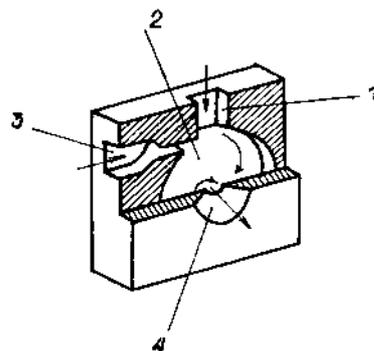


Рис.7. Схема вихорового клапана:
1 – канал живлення; 2 – вихорова камера; 3 – канал керування;
4 – вихідний отвір [6]

Однак з метою поглиблення регулювання закручування силового потоку небажане в період відсутності керівного сигналу. Тому для усунення непотрібних гвинтових течій у вихідному каналі вихорового підсилювача [12] пропонується встановлення спрямного апарата будь-якого відомого типу, як от лопатевого чи сотового.

6. Комплексний вплив на потік. У вихоровому підсилювачі [13] (рис.8), наприклад, силовий потік формують із струмопровідного робочого тіла. Для керування ним додатково до його закручування струменем управління у вихоровій камері поперечно до отриманого кільцевого потоку робочого тіла створюють перехрещені електричне та магнітне поля. Отже, на кожному частині потоку діє, змінюючи її тангенційну й кутову швидкості, пондеромоторна сила, пропорційна до векторного добутка напруженостей електричного та магнітного полів. Вона посилює керуваність силовим потоком і підвищує точність роботи підсилювача. Вказане створює додатковий вигравш у масі, габаритах й енергоспоживанні, що важливе при застосуванні підсилювача, скажімо, в системах керування літальними апаратами.

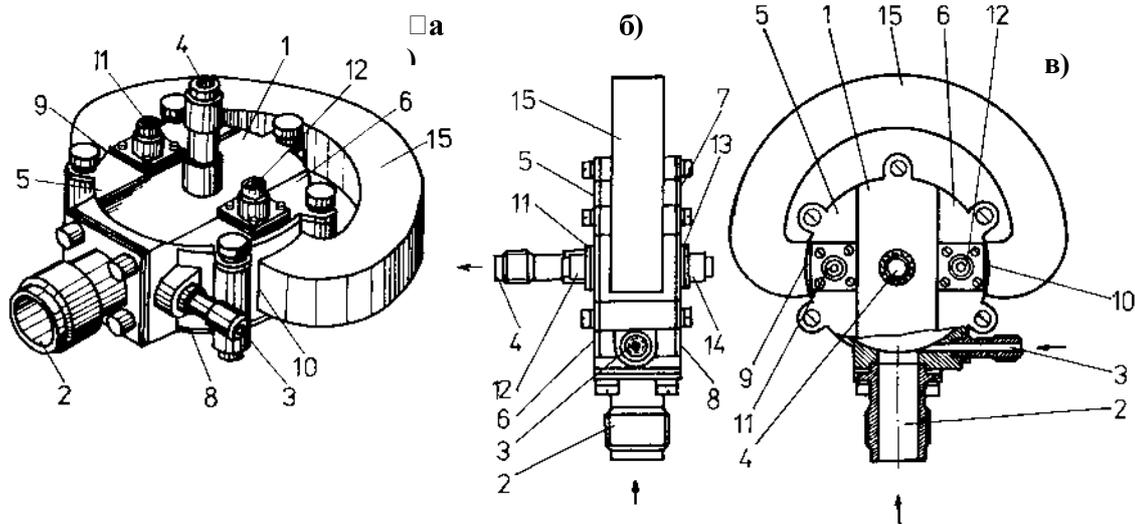


Рис.8. Вихоревий підсилювач: а – загальний вигляд; б – вид збоку; в – те саме, зверху:
 1 – вихорова камера; 2 – канал живлення; 3 – канал керування; 4 – вихідний канал;
 5 – 8 – електростатичні електроди; 9,10 – магнітостатичні електроди;
 11 – 14 – електричні роз'єднувачі; 15 – підковоподібний магніт [13]

Створення в потоці кавітаційної ділянки з додатковим уведенням в силовий потік рідини струменя газу [11], розглянуте в п.4, теж є комплексною дією на потік.

Висновки. Як показує наведений аналіз, регулювання тиску відомими засобами здійснюється лише в напрямку його зменшення. Будь-яке регулювання тиску неодмінно призводить до порушення витрати середовища, котре протікає крізь регулятор.

1. Гуревич Д.Ф., Шпаков О.Н. *Справочник конструктора трубопроводной арматуры.* – Л., 1987. 2. Чупраков Ю.И. *Гидропривод и средства гидроавтоматики: Уч. пособие для вузов.* – М., 1979. 3. Беляев Н.М., Уваров Е.И., Степанчук Ю.М. *Пневмогидравлические системы. Расчет и проектирование: Уч. пособие для техн. вузов / Под ред. Н.М. Беляева.* – М., 1988. 4. Бочаров В.П., Струтинский В.Б., Бадах В.Н. и др. *Расчет и проектирование устройств гидравлической струйной техники.* – К., 1987. 5. Сёмин Д.А. *Средства струйной макротехники для управления текучими средами // Вестн. Нац. техн. ун-та Украины "Киев. политехн. ин-т". Машиностроение. Вып.35.* – К., – 1999. – С.3-11. 6. Алферов В.В., Владимиров В.С., Новиков В.К. и др. *Струйная автоматика в системах управления / Под ред. Б.В. Орлова.* – М., 1975. 7. А. с. 523202 СССР, МКИ F 15C 1/14. 1976, Бюл. изобр. № 28. 8. А. с. 1178974 СССР, МКИ F 15C 1/04. 1985, Бюл. изобр. № 34. 9. А. с. 1211491 СССР, МКИ F 15C 1/14. 1986, Бюл. изобр. № 6. 10. А.с. 1068631 СССР, МКИ F 15C 1/04. 1984, Бюл. изобр. № 3. 11. А. с. 1245776 СССР, МКИ F 15C 1/04. 1986, Бюл. изобр. № 27. 12. А. с. 363816 СССР, МКИ F 15C 1/14. 1973, Бюл. изобр. № 4. 13. А. с. 541052 СССР, МКИ F 15C 1/08. 1976, Бюл. изобр. № 48.