

Кисіль¹ В.Л. к.т.н., Кузьменко² К.М. інж., Юрченко² Н.Ф. к.т.н.

1 - ПАТ «Київське центральне конструкторське бюро арматуробудування», Київ, Україна

2 - Лабораторія сучасної аеродинаміки, Інститут гідромеханіки, Національна Академія Наук України, Київ, Україна

УНІВЕРСАЛЬНИЙ ШВИДКОДІЮЧИЙ ПНЕВМАТИЧНИЙ КЛАПАН UHSV16-1

Універсальний пневматичний клапан був спроектований, виготовлений і протестований для швидкісної ініціації і переривання течії в пневмосистемі. Швидкодія відкриття і закриття клапана не перевищує 2-5 мсек. Представлена конструкція розробленого швидкодіючого клапана з електричним приводом, наведені приклади його роботи у Лабораторії Сучасної Аеродинаміки Інституту гідромеханіки НАНУ, а також можливості використання в народному господарстві.

Ключові слова: пневматичний клапан, високий тиск, швидкодія, дистанційне керування.

Відсічні швидкодіючі клапани з дистанційним управлінням призначені для аварійного перекриття подачі робочого продукту (газу, пари, кисню та інших середовищ) в різних за функціональним призначенням трубопроводах. З їх допомогою можна обмежити або блокувати переміщення робочої середовища по мережі. Таким чином, вони часто служать виконавчим органом автоматики безпеки технічних систем. Швидкодіючі відсічні клапани можуть використовуватися в житлово-комунальному господарстві, хімічних, енергетичних і багатьох інших підприємствах і сферах. Крім того, часто потрібні пристрої, здатні працювати в умовах високого тиску.

Саме необхідність роботи в умовах високого тиску зумовила розробку універсального клапану UHSV16-1 з електричним приводом [1-4]. Він має певні переваги в порівнянні з відомим клапаном КБ-20-70 пневматичного керування російського виробництва [5-6]. Звичайні клапани з пневматичним регулюванням зазвичай забезпечують час закриття приблизно в 3 рази довше, ніж час відкриття. Це ускладнює точне регулювання обсягу (об'єму) газового потоку через клапан, особливо коли змінюється тиск подачі. В UHSV16-1 знижено час закриття до значень співвимірних до часу відкриття клапану, при цьому він може залишатися відкритим протягом 2÷80 мс або більше.

Електромагнітний клапан включає в себе два соленоїда і постійні магніти завдяки яким усуває нерівність, що виникає внаслідок різних моментів відкривання і закриття клапана, як це існує у клапанів з пневматичним керуванням.

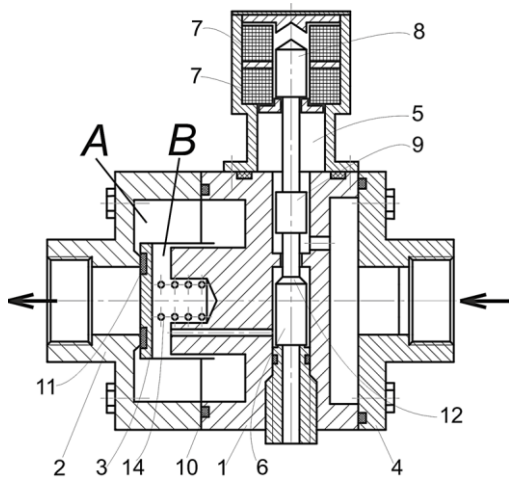


Рис. 1 - Пневматичний клапан UHSV16-1 у розрізі

Час відкриття і закриття



Рис. 2 – Універсальний швидкодіючий клапан UHSV16-1

пневмоклапанів зазвичай є функцією тиску подачі. Використання двох магнітів, дає можливість зробити тривалість обох операцій відкриття і закриття клапана рівною. Наприклад, для тестування розгортання подушок безпеки автомобілів, регульований об'єм приблизно від 15 до 150 літрів повинен проходити через клапан приблизно за 30 мс. Високошвидкісний клапан UHSV16-1 забезпечує виконання цих умов. Крім того, він не вимагає додаткової подачі повітря для роботи, як пневматичний клапан.

1. Принцип дії та конструкція клапану.

Якщо необхідно забезпечити швидкодію для малих витрат, то її можна виконати за схемою прямої дії, а саме, встановити запірний орган безпосередньо на якорі. У цьому випадку електромагнітні сили забезпечують рух запірного органу, тому що вони порівнянні з силою впливу робочого тіла, що рухається через клапан. Якщо необхідно управляти потоком газу з більшими витратами, тобто перекидати і відкривати прохідний отвір клапана діаметром 20-30 мм, то безпосередньо силою електромагніту пересувати запірний орган неможливо.

Причина полягає в тому, що питомі сили стисненого газу набагато більше питомої сили створюваної електромагнітом. Тому для управління запірним органом пневмоклапана використовується енергія робочого тіла (газу), що протікає через клапан, а електромагніт використовується лише для подачі газу в пневмопривід, який вмонтовано в клапан.

У розробленому клапані при діаметрі поршня 30 мм об'єм порожнини становить близько 8 см³, пілотний отвір має діаметр 3 мм, розрахунковий час початку руху становить 0,114 мс. Маса поршня 70 грам, розрахунковий час руху становить 3,65 мс, час спрацьовування 3,8 мс.

Діаметр пілотного отвору визначає як швидкодію пневматичного клапана, так і силу, яку повинен розвивати електромагніт.

На Рис. 1. показана конструкція клапана в якій клапан знаходиться в нормально закритому положенні. Напрямок потоку газу показано стрілками. Клапан містить наступні основні частини: середній корпус 1, вихідний корпус 2 з вихідним отвором, чаша 3, вхідний корпус 4 і блок керування 5, тобто управління пілотом. Блок 5 управління пілотом розташований частково всередині корпусу 1 високошвидкісного клапана і містить внутрішній золотник 6 і два соленоїдних електромагніта 7. Арматура 8, внутрішній золотник 6 і стрижень і буферний блок 9 з'єднанні один з одним і можуть розглядатися як одне ціле. Блок 5, корпус 2 і вхідний корпус 4 приєднуються до корпусу 1 клапана через канали (на Рис. 2. не вказані) за допомогою шести болтів. Замість вказаного кріплення можуть бути використані інші методи, якщо вони забезпечують надійне кріплення таким же чином, як і болтові з'єднання.

Стільникові поверхні герметизовані кільцями 10, які переважно виконані з каучуку, наприклад, між корпусом 1 і 2, а також між корпусом 1 клапана і вхідним корпусом 4. Чаша 3 на поверхні має ущільнення 11, що прилягає до сидіння корпусу 2, ущільнювач 11 виконаний з пластмаси. Вхідні та вихідні канали мають різьбу G7/8".

У закритому положенні клапану тиск у порожнинах *A* та *B* є рівним. При поданні керуючого сигналу на соленоїди золотник 12 відкриває канал і стиснене повітря з порожнини *B* стає меншим за тиск у порожнині *A* за допомогою чого чаша 3 зміщується відкриваючи тим самим вихідний отвір клапана. При поданні сигналу на закриття клапану золотник 13 повертається у початкове положення і тиск у порожнинах *A* та *B* знову стає рівним, чаша 3 повертається та закриває клапан також за допомогою пружини 14.

Для приведення в дію пілотного клапана використовується двопозиційний поляризований електромагніт, що виконує переміщення якоря і запірного органу в обидві сторони за рахунок магнітних сил. Електромагніт має два робочих зазора по торцях якоря і дві обмотки. Між обмотками розміщені постійні магніти, що створюють поляризує магнітне поле: воно створює силу «прилипання» якоря у того стопа, де робочий зазор менший. Ця сила утримує якор і пілотний золотник в нижньому і верхньому положенні, забезпечуючи функціонування пілотного клапана. Електромагніт управляється імпульсами струму

тривалістю 20 мс, що не обмежує тривалість включення, тому що практично відсутня саморозігрів електромагніту.

При подачі імпульсу струму в верхню обмотку якір переміщається до верхнього стопу. Одночасно з переміщенням якоря до верхнього стопу «перекидається» магнітний потік постійного магніту, який залишається у верхнього стопу і створює силу, яка утримує якір у верхнього стопу. Таким же чином якір переміщається вниз нижньої обмоткою. За рахунок такого способу управління удалося виключити поворотну пружину і зменшити тягу електромагніту.

У запропонованій конструкції при спрацьовуванні магнітна провідність робочого зазору завжди залишається постійною і мінімальною, що зменшує постійну часу і час спрацьовування електромагніта в процесі відкриття і закриття пілотного клапана.

Розроблений клапан створювався шляхом аналізу всіх факторів, що впливають на швидкодюю і попередніх спрощених розрахунків і припущень тому точний розрахунок по матмоделі ще не був можливий через відсутність геометрії і розмірів елементів клапана.

Після розробки клапана відомі всі елементи, їх параметри та ін. Можливо прорахувати по матмоделі всі параметри і швидкодюю клапана. Для вирішення рівнянь матмоделі можливо застосувати метод Рунге-Кутта для вирішення задач Коші.

2. Технічні характеристики клапану UHSV16-1 наведені в Табл. 1. Час від подачі керуючого сигналу до початку відкриття клапану 12 мс.

Таблиця 1

Робочі параметри	
Час відкриття	2-4 мсек, максимум
Час закриття	3-5 мсек, максимум
Діапазон тиску	1-65 атм
Діапазон температури	+5 °C ÷ +65 °C
Інші параметри	
Напруга живлення	80±6 V
Матеріал	Сталь 14X17H2
Діаметр горловини	20 мм
Монтажні параметри	Різьба: 7/8"
Розміри	79 мм x 125 мм x 141 мм
Вага	3 кг

При конструюванні передбачена можливість зміни розмірів клапана, матеріалу тощо.

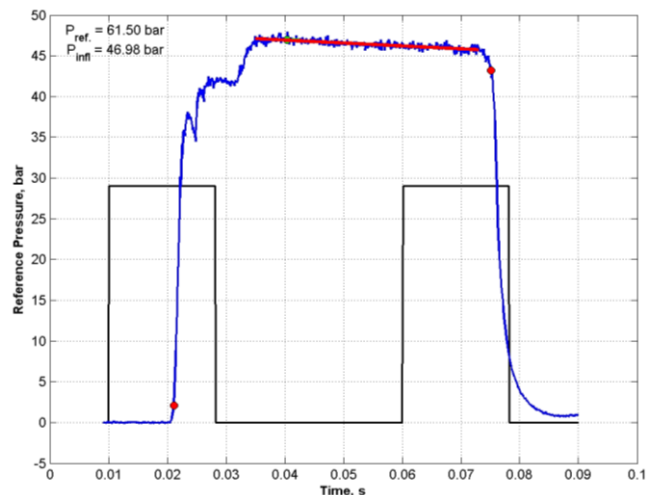


Рис. 3 Графік $P = f(t)$ на клапані UHSV16-1. Тиск на вході у клапан 61.5 атм.

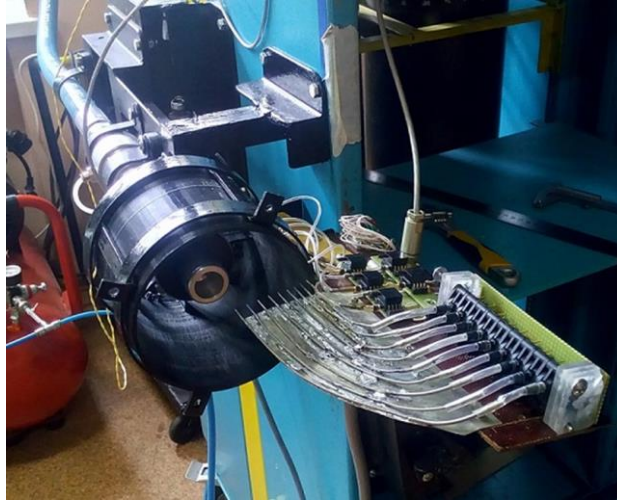


Рис. 4. Швидкодіючий клапан UHVS16-1 у складі системи ежекції для наповнення подушок безпеки

3. Клапан UHVS16-1 у дослідженнях ежекторів для автомобільних подушок безпеки нового типу. Швидкодіючі клапани були використані у Лабораторії Сучасної Аеродинаміки і Міждисциплінарних Досліджень Інституту Гідромеханіки НАНУ у пневматичній установці для тестування моделей ежекторів (Рис. 3, 4). Були проведені тести ежектора з гребінкою датчиків тиску на виході (Рис. 4), щодо визначення поля швидкостей у вихідному перетині ежектора, тести по наповненню подушки безпеки автомобілів та їх відеозапис швидкодіючою камерою, тести з визначення коефіцієнту ежекції. Приклад спрацювання клапану під час тестування наповнення подушки безпеки зображено на Рис.3: два прямокутні сигнали з сигналами керування, тиск на вході у клапан 61.5 атм. Видно що час відкриття клапану є у діапазоні 2-4 мс, а час закриття лежить у діапазоні 3-6 мс.

4. Можливі області застосування розробленого клапана UHVS16-1.



Рис. 5 Приклади використання пневматичних швидкодіючих клапанів у бункерах і пристроях дистанційного контролю.

Показано [1, 2], що швидкодіючі клапани можуть успішно застосовуватися для тестування систем подушок безпеки. Вони також використовуються як шейкери в харчовій, будівельній та інших галузях промисловості [5, 6] з метою безпечного і ефективного звільнення бункерних систем забитих сипучим матеріалом (цементом, борошном, зерном, різними гранульованими матеріалами як кокс, глина, мінеральні добрива тощо (Рис. 5, зверху). Крім того, вони можуть бути використані у рятувальному і розважальному обладнанні спільно з лінеметами і гвинтівками метання снадійних шприців, пневмопушками і катапультами (Рис. 5, знизу). Наприклад, лінемет з ключовим елементом у вигляді швидкодіючого клапана може метати рятувальні жилети на відстань 30-150 м [6].

5. Висновок. Було спроектовано і виготовлено універсальний швидкодіючий клапан UHVS16-1, який використовувався в системах високого тиску. Були виконані випробування ежекторів для вживання в системах

автомобільних подушок безпеки нового типу на експериментальній установці, в якій ключовим елементом є розроблений швидкодіючий клапан. В результаті були визначені робочі параметри клапанів, які продемонстрували їх працездатність в рамках заданих технічних вимог.

Список використаних джерел

1. David S. Breed, Nina F. Yurchenko, Pavlo M. Vynogradsky, Konstantin N. Kuzmenko, Yuriy A. Paramonov, *Advanced aerodynamic system for airbag inflation*, Proceedings Int. Conf. on Advances in Automotive Engineering (ICAAE18), http://www.i-asem.org/publication_conf/structures18/12.ICAAE18/XH3A.1.AE1761_4762F3.pdf, 2018 Incheon, Korea, August 27 – 31.

2. David Breed, Shawe Zhang, Nina Yurchenko, Gennadiy Voropaiev, Nataliya Rozumnyuk, Pavlo Vynogradsky, Kostyantyn Kuzmenko. *Toward autonomous vehicles: basic aerodynamic background for novel airbag inflation system*. Proc. 14th Int. Symp. on Sophisticated Car Safety Systems, Mannheim, Germany, 2018, Nov. 26-28, 17 pp.

3. Е.Я.Соколов, Н.М.Зингер, *Струйные аппараты*, 3-е издание переработанное, Москва Энергоатомиздат 1989.

4. Т.В. Евсеева, В.Л. Кисель, А.А. Назаренко, В.А. Тимофеев, *Fast-acting control valve*, Patent RU27849U1.

5. Sergei Esakov, Sergei Yurkin, *Method of bringing to readiness an inflatable airbag of safety device, (embodiments), safety device for a vehicle (embodiments), valve device*. Patent US20040169359A1, Pub. No.: US 2004/0169359 A1.

6. Isakov S. Nicolaevich, Isakov I. Nicolaevich, Yurkin S. Vasilievich, *Pneumatic launcher*, Patent US5450839A, Patent Number: 5,450,839, Date of patent: Sep. 19, 1995.

Автори висловлюють подяку Д-ру Девіду Бриду (Міжнародні Автомобільні Технології, ATI, USA) за постійний інтерес та фінансову підтримку досліджень.

УДК 532.52

Мамедов А. Н. огли, Коваль О. Д., к.т.н., доц., Карашук Я. Ф.
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

АНАЛІЗ ВПЛИВУ МАГНІТНОГО ПОЛЯ НА ЛАМІНАРНУ ТЕЧІЮ В'ЯЗКОЇ РІДИНИ

Анотація. Робота присвячена проблемі гідродинаміки електропровідної рідини в постійному магнітному полі, що діє перпендикулярно вектору швидкості.

Проведено аналіз впливу поперечного магнітного поля на поведінку електропровідної в'язкої рідини в каналі.

Експерименти проведено з використанням магнітних пластин із заданою величиною магнітного поля, що дозволило розглянути умови взаємодії швидкісного напору рідини з величиною напруженості магнітного поля та підтвердити ефект гальмування потоку за рахунок впливу магнітного поля.

Наявність магнітного поля в розглянутому випадку, як відомо, має приводити до зміни реологічних властивостей електропровідної рідини. В роботі показано, що робоча рідина під дією магнітного поля набуває в'язкопластичні властивості, що істотно впливає на гідравлічний опір.

В роботі показана залежність опору не тільки від числа Рейнольдса але й від критерію Гарматна.

Ключові слова: швидкість течії, початкова ділянка, магнітне поле, неньютонівські рідини

Протягом багатьох років увага приділяється задачам вивчення течії «магнітної рідини» на гідродинамічній початковій ділянці [1-2, 6, 8-9]. Особливістю такої течії є те, що поряд із силами в'язкого тертя необхідно враховувати сили інерції від конвективного прискорення, тобто, гідродинаміка одномірної стоксової течії перетвориться у двовимірну, де під дією сил інерції істотно деформується поле швидкості і напруги, зростають перепади тиску по довжині. Використання в промисловості в якості робочої рідини електропровідних рідин, які реагують на магнітне поле, поставило нові задачі що пов'язані з дослідженням структури потоку на початковій ділянці. Такі задачі пов'язані із вивченням впливу поперечного магнітного поля на дестабілізацію потоку. В роботах [1-2, 5] показано, що вплив поперечного магнітного поля на течію електропровідної рідини може бути аналогічним впливу сил інерції від конвективного прискорення. Пондеромоторні сили, що з'являються в даному випадку та масові сили інерції можуть істотно впливати на прискорення або