

4. Козлов Л.Г. Дослідження характеристик мультирежимного клапана розподільника для гідроприводів мобільних робочих машин / Козлов Л.Г., Гайдамак О.Л., Петров О.В // Промислова гідраліка і пневматика. – Вінниця: ВДАУ, 2008. – № 1. – С. 85-88.
5. Козлов Л.Г. Використання CAE/CAD комплексу на базі MATLAB-SIMULINK та Компас 3D для проектування гідроапаратури нового покоління / Козлов Л.Г., Петров О.В // Інформаційні технології та комп'ютерна інженерія. – 2005. – № 2. – С. 101-105.
6. Алямовский А.А., Собачкин А.А., Одинцов Е.В., Харитонович А.И., Пономарев Н.Б. SolidWorks. Компьютерное моделирование в инженерной практике – СПб.: БХВ-Петербург, 2005. – 800 с.: ил.
7. Directional control valves. DC008. Catalogue. Bondioli&Pavesi Dinoil. – P. 122.

Надійшла 24.9.2009 р.

УДК 621.22

Л.Г. КОЗЛОВ, Д.О. ЛОЗІНСЬКИЙ, С.М. ЛОЗОВСЬКИЙ  
Вінницький національний технічний університет

## ЗАСТОСУВАННЯ CAD– CFD СИСТЕМ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ СИЛИ КЕРУВАННЯ НА РЕГУЛЮЮЧОМУ ЕЛЕМЕНТІ ЗВОРОТНОГО КЛАПАНА ГІДРОРОЗПОДІЛЬНИКА З ПРОПОРЦІЙНИМ ЕЛЕКТРОГІДРАВЛІЧНИМ КЕРУВАННЯМ

*В роботі представлені дослідження сили керування регулюючого елемента зворотного клапана гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням, яка виникає внаслідок складного обтікання його потоком рідини. Дослідження виконані за допомогою програмного модуля COSMOSFloWorks, що входить в пакет SolidWorks.*

*Дослідження дозволили визначити вплив кута профілю робочої кромки регулюючого елемента та величини тиску на вході у зворотний клапан на значення сили керування. Обґрунтовано вибір значення кута профілю робочої кромки регулюючого елемента при проектуванні гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням.*

Ключові слова: зворотний клапан гідророзподільника, дослідження сили керування, пакет SolidWorks.

**Постановка проблеми.** Аналітичні дослідження робочих процесів в гідророзподільнику з пропорційним електрогідралічним керуванням суттєво ускладнені нелінійним характером сил, які виникають на регулюючих елементах внаслідок взаємодії з потоком рідини та іншими елементами конструкції [1, 2]. Виконання подібних розрахунків займає багато часу, особливо під час багаторазової зміни вхідних даних [3]. Використання спеціалізованих пакетів прикладних програм для проведення подібних досліджень скорочує час виконання аналітичних розрахунків та значно підвищує їх точність [4].

**Аналіз останніх досліджень.** Значний вклад в теорію дослідження сил, що діють на елементи гідророзподільника за допомогою CAD– CFD систем, внесли д.т.н. Є.Г. Братуга та к.т.н. Р.Г. Акмен. Дослідженням сил керування за допомогою CFD– кодів займається О.В. Кудрявцев, А.П. Скібін та А.В. Шишов.

**Постановка завдання.** Метою роботи є дослідження сили керування, що діє на регулюючий елемент зворотного клапана від зміни кута профілю його робочої кромки та тиску на вході в зворотний клапан [5].

Для досягнення цієї мети необхідно вирішити наступні задачі:

1. Розробити 3D-модель гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням для проведення досліджень.

2. Розрахувати залежності сили керування на регулюючому елементі зворотного клапана гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням від зміни кута профілю робочої кромки регулюючого елемента та тиску на вході в зворотний клапан.

**Основні результати.** На рис. 1 представлено 3D-модель гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням. Він складається з робочої секції 1 із системою керування 2, досліджуваного керуваного зворотного клапану 3 із регулюючим елементом 9, клапану керування 4, а також кришок 5 та 6.

Для визначення залежності сили керування від форми профілю робочої кромки регулюючого елемента потрібно проаналізувати рух потоку рідини в умовах складного обтікання, а також розподіл тисків всередині гідророзподільника з пропорційним електрогідралічним керуванням.

Для розв'язання поставлених задач використовувався модуль COSMOSFloWorks, що входить у програмний пакет SolidWorks [4].

У порівнянні із іншими CFD пакетами COSMOSFloWorks має принципові переваги:

- задання вихідних даних і перегляд результатів безпосередньо у вікні графічного проектування;

- можливість використання інженером, а не CFD-фахівцем;

- мінімальний час на підготовку вихідних даних і перегляд результатів та ін.

В COSMOSFloWorks при виконанні моделювання враховуються параметри текучого середовища на вхідних і вихідних отворах моделі, масова або об'ємна витрата, профіль швидкості, температура, параметри турбулентності, кавітація, повний або статичний тиск та ін [6].

Рух та теплообмін текучого середовища в COSMOSFloWorks моделюються за допомогою рівнянь Нав'є-Стокса, що описують в нестационарній постановці закони збереження маси, імпульса і енергії цього середовища [6].

На рис. 2 представлена картина розподілу ліній потоку потоку рідини розрахованими в програмному продукті COSMOSFloWorks, що виникають в результаті його взаємодії з регулюючим елементом. Розрахунок ліній потоку дозволив визначити розподіл тиску робочої рідини на поверхні регулюючого елемента.

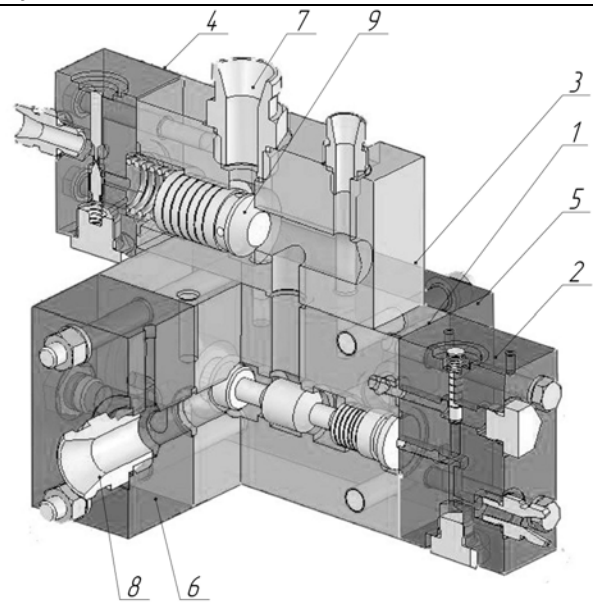


Рис. 1. 3D-модель гідророзподільника з електрогідравлічним пропорційним керуванням

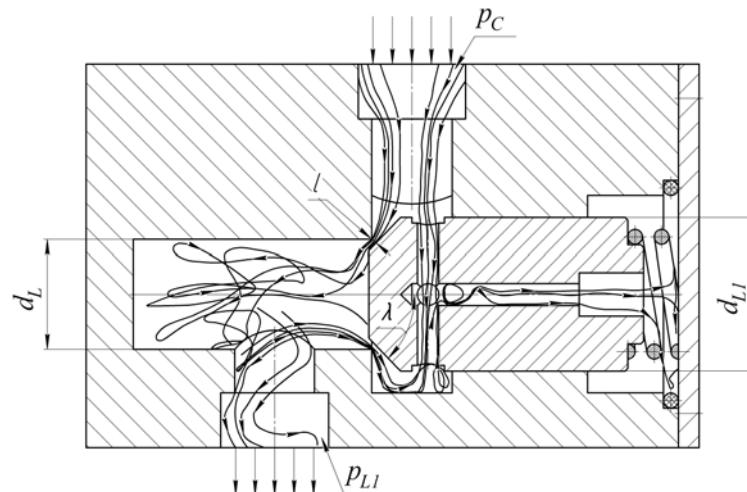


Рис. 2. Картина розподілу ліній потоку рідини, розрахованих в програмному продукті COSMOSFloWorks

Розрахунки виконано при таких значеннях вхідних даних:

Тиск на вході в зворотний клапан (тиск рідини, що поступає із штуцера 7, рис. 1)  $p_c = 5$  МПа; тиск на виході зі зворотного клапана  $p_{c1} = 0,1$  МПа; діаметр вхідного каналу зворотного клапана (штуцер 8, рис. 1)  $d_L = 20 \cdot 10^{-3}$  м; діаметр золотника зворотного клапана  $d_{L1} = 28 \cdot 10^{-3}$  м (рис. 3); густина робочої рідини  $\rho = 900$  кг/м<sup>3</sup>; коефіцієнт витрати  $\mu = 0,7$ ; величина зазором між сідлом та кромкою золотника клапана  $l = 1 \cdot 10^{-3}$  м.

Сила взаємодії потоку рідини та регулюючого елемента  $F_\Sigma$  визначалась як сума сил діючих на поверхні регулюючого елемента, для цього кожна із поверхонь було умовно розділено на елементарні площини дій сил. (рис. 3)

$$F_\Sigma = \sum_{i=1}^n F_i, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість поверхонь на які діє сила керування,  $n = 2$ ;  $F_i$  – сила взаємодії потоку рідини та регулюючого елемента, що діє на  $i$ -ту поверхню регулюючого елемента (в даному випадку на торець та конусну частину регулюючого елемента (рис. 3)).

$$F_i = \sum_{j=1}^{K_i} P_j \cdot \frac{S_i}{K_i}, \quad (2)$$

де  $P_j$  – сума тисків, що діють на кожну уявну  $j$ -ту точку  $i$ -ої поверхні;  $S_i$  – площа  $i$ -ої поверхні;  $K_i$  – кількість  $j$ -точок  $i$ -ої поверхні,  $K_{i_{\min}} = 300$ . Кількість  $j$ -точок на  $i$ -ої поверхні визначалась з співвідношення:

$$\frac{S_i}{K_i} = const, \quad (3)$$

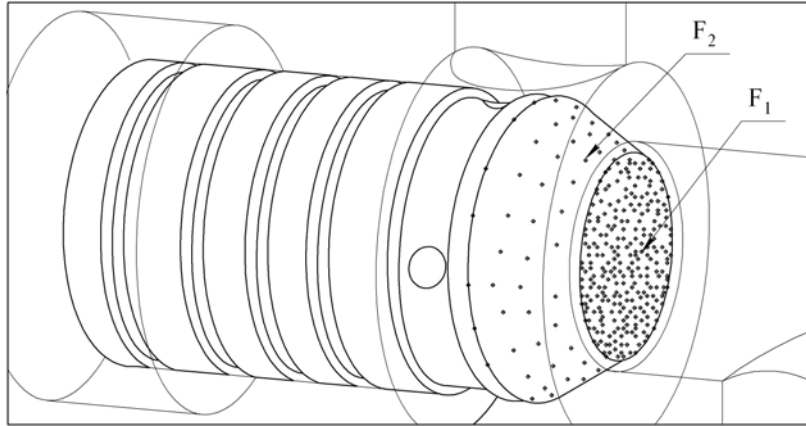


Рис. 3. Розподіл точок на поверхнях регулюючого елемента

На основі проведених досліджень визначено залежність сили керування від форми профіля робочої кромки зворотного клапану гідророзподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням та тиску на вході в зворотний клапан (таблиця 1), які дають змогу зробити висновок, що менші значення сили керування досягаються при куті профілю робочої кромки  $\lambda = 60^\circ$ , більші – при  $\lambda = 30^\circ$  та вигнутому профілі робочої кромки.

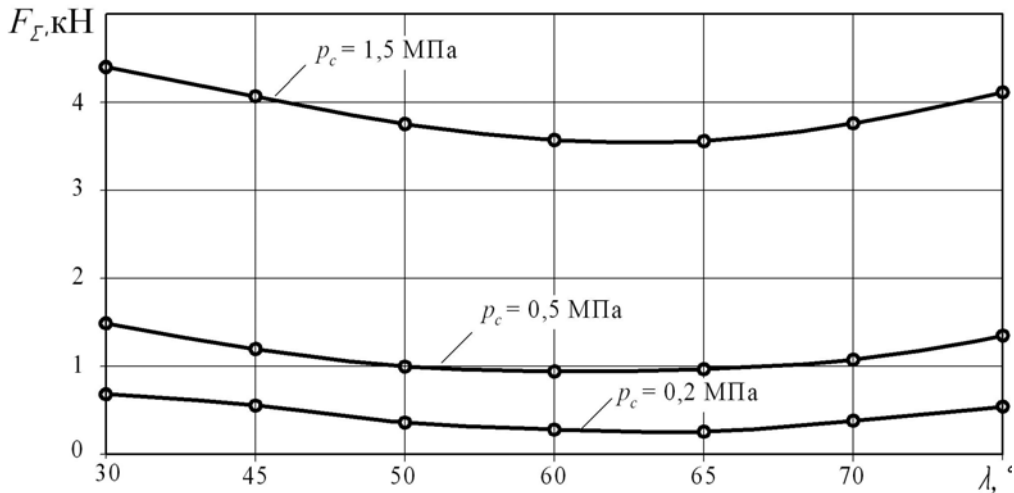


Рис. 4. Графік залежності сили взаємодії  $F_{\Sigma}$  від кута нахилу робочої кромки гідророзподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням

Таблиця 1

Залежність сили керування  $F_3$  від форми кромки золотника зворотного клапану та тиску  $p_c$ .

Тип профілю кромки золотника	конусний				вигнутий	увігнутий	$p_c$ , МПа
	30°	45°	50°	60°			
Сила керування $F_3$ , Н	0,8	0,9	0,7	0,65	0,69	0,8	0,2
	1,43	1,12	1,13	1,11	1,15	1,35	0,5
	4,4	4,0	3,65	3,3	3,6	4,1	1,5

На рис. 5 представлена залежність сили керування від кута профілю робочої кромки регулювального елемента гідророзподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням. На основі представлених залежностей можна визначити кут нахилу профілю робочої кромки регулюючого елемента, що відповідає мінімальним значенням сили взаємодії.

**Висновки**

На основі створеної 3D-моделі гідророзподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням в програмному модулі COSMOSFloWorks визначено характер руху потоків рідини та розподіл тисків в середині керованого зворотного клапану.

В результаті досліджень визначено силу взаємодії потоку рідини та регулюючого елемента, що діє на рухомі частини гідророзподільника з пропорційним електрогідравлічним керуванням, а також встановлено характер залежності сили керування від профілю робочої кромки регулюючого елемента та тиску на вході в зворотний клапан.

Проведені дослідження дозволяють змінювати силу керування, що діє на регулюючому елементі залежно від потреби споживача та режиму гідророзподільника з порпорційним електрогідравлічним керуванням.

**Література**

1. Абрамов Е.И., Колесниченко К.А., Маслов В.Т. Элементы гидропривода: Справочник. – К.: Техніка, 1977. – 320 с.
2. Данилов Ю.А., Кириловский Ю.Л., Колпаков Ю.Г. Аппаратура объёмных гидроприводов: Рабочие процессы и характеристики. – М.: Машиностроение, 1990. – 272 с.
3. Смирнов Е.М., Зайцев Д.К. Метод конечных объемов в приложении к задачам гидрогазодинамики и теплообмена в областях сложной геометрии // Научно технические ведомости. – 2004. – 2. – 22 с.
4. Свешников В.К., Усов А.А. Станочные гидроприводы: Справочник. – М.: Машиностроение, 1982. – 464 с.
5. Козлов Л.Г., Лозінський Д.О. Моделювання робочих процесів в гідроприводі із клапанно-золотниковим розподільником з пропорційним електрогідравлічним управлінням // Вісник донецького університету, Сер. А: Природничі науки. – 2008. – № 2. – С. 156-161.
6. Алямовский А.А. SolidWorks/COSMOSWorks. Инженерный анализ методом конечных элементов. – М.: ДМК Пресс, 2004. – 432 с.: ил. (Серия «Проектирование»).

Надійшла 8.9.2009 р.

УДК 681.121.04

С.М. РУДАК

Науково-дослідний і проектний інститут ВАТ «Укрнафта»

## **АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФОРМИ ТУРБУЛІЗАТОРА ВИХРОВОГО ВИТРАТОМІРА ГАЗУ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНТРОПІЙНИХ ОЦІНОК ШУМІВ ПОТОКУ**

*Проаналізовано вплив форми та площі турбулізатора на ефективність вимірювання витрати газу шумовим ентропійним перетворювачем.*

*Influence of form and area of cretor of noises is analyzed on efficiency of measuring of gas expense by a noise entropy transformers.*

Ключові слова: витратомір газу, турбулізатор.

Одним з перспективних напрямків вдосконалення витратомірів газу є вимірювання витрати за статистичними характеристиками шумів, зумовлених обтіканням турбулізатора, що дозволяє значно зменшити вплив сторонніх шумів на вимірювальний перетворювач і, як наслідок, підвищити точність пристрою. Проте, як виявилось в ході досліджень, внесення у вимірювальне середовище турбулізатора різних геометричних форм зумовлює зміну характеристик випадкових акустичних коливань не створених зміною витрати. Важливим питанням є вибір такої форми турбулізатора, що забезпечить ефективний розподіл ентропійних значень витрат по всьому діапазону вимірювання.

Для цього проведено ряд експериментальних досліджень, з використанням турбулізаторів різних геометричних форм: циліндричної, трапецієвидної та конусної. Взято пряму ділянку трубопроводу до ентропійного перетворювача 25D. Для максималізації неконтрольованих збурень обрано місцевий опір невизначеного типу, в склад якого увійшли коліна, заглушені трійники і крани. Доцільно зазначити, що місцевий опір складено таким чином, щоб було забезпечено зміну напрямку потоку газу в різних площинах під кутами 45° та 90°. Експериментальні дослідження проведено для витрат вимірювального середовища 1 м<sup>3</sup>/год, 2 м<sup>3</sup>/год, 4 м<sup>3</sup>/год, 6 м<sup>3</sup>/год, 8 м<sup>3</sup>/год та 10 м<sup>3</sup>/год для турбулізаторів циліндричної і конусної форм та 1 м<sup>3</sup>/год, 2 м<sup>3</sup>/год, 4 м<sup>3</sup>/год, 7 м<sup>3</sup>/год, 9 м<sup>3</sup>/год, 11 м<sup>3</sup>/год для турбулізатора трапецієвидної форми у лабораторних умовах на базі стаціонарної дзвонової установки ІВФ «Темпо» (м. Івано-Франківськ), границі основної відносної похибки якої ±0,13 %, в умовах стабілізованої температури вимірюваного середовища 20±0,5°C, робочого тиску 114,0 мм водяного стовпа, робочого середовища – повітря. Схему вимірювання