

## СТВОРЕННЯ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ АНТИФАЗНИМ ГІДРОУДАРНИКОМ НА ОСНОВІ ЕФЕКТУ КОАНДА

### Вступ

Недостатня забезпеченість країни енергетичними ресурсами вимагає підвищення ефективності процесів видобутку і переробки корисних копалин. При цьому стає актуальним створення нових і удосконалення існуючих техніки і технологій нафтогазової промисловості. Одним з прогресивних напрямків розвитку науки та техніки є автоматизація процесів керування функціонуванням механічного обладнання. Найбільшого розвитку набули електронні системи керування, але вони не задовольняють усі потреби виробництва. Гідне місце в автоматизації процесів керування займають гідравлічні системи [1]. Розподіл рідини в системі відбувається за допомогою золотникового розподільвача. Головним недоліком золотникової системи є висока інерційність рухомих частин. Для усунення цього недоліку використовують струменевий бістабільний елемент з прилипанням струменя до стінки на основі ефекту Коанда. Це позбавляє систему рухомих частин, а отже інерційності, тим самим забезпечує надійне та швидкодіюче перемикання в системі [2].

При виборі науково-технічної проблеми були відібрані Державні цільові програми з доповнення до Наказу Міністерства економіки України №114 від 24 травня 2001 року.

091 – Програма “Створення й організація виготовлення бурового, нафтогазопромислового, нафтопереробного устаткування, техніки для будівництва нафтогазопроводів з науково-технічною частиною на період до 2010 року”. Постанова Кабінету Міністрів України №2245 від 09.12.1999 року. Державний Замовник – Міністерство палива й енергетики.

На підставі аналізу названої програми обрано науково-технічну задачу, на рішення якої спрямована ця робота.

### Конструкція та принцип роботи антифазного гідроударника

На рис. 1 показана розрахункова схема роботи антифазного гідроударника. Схема складається з внутрішнього бойка 1, зовнішнього бойка 2 та корпусу 3.

Зовнішня поверхня штока внутрішнього бойка 1 і внутрішня поверхня зовнішнього бойка 2 утворюють робочі камери А і Б, розділені виступом зовнішнього бойка, в якому виконані чотири магістралі. Найближчі симетричні відносно виступу магістралі 6 і 7 являються робочими; крайні 4 і 5 – додатковими керуючими. Робочі магістралі 6 і 7 через струменевий елемент СЕ зв'язані з насосною установкою Н, а через гідрозамок ЗМ з гідробаком ГБ.

Ударний пристрій працює наступним чином. Робоча рідина від насоса через струменевий елемент, з використанням ефекту Коанда, через зворотний клапан ЗК потрапляє в магістраль 6 або 7.

В залежності від розташування бойків 1 і 2 (рис. 1) рідина під тиском на магістралі 6 потрапляє в порожнину А, чим спричинює рух внутрішнього бойка вліво, а зовнішнього вправо. В той час рідина під тиском діє на поршень гідрозамка 8. Штовхач 9 відкриває клапан, що дозволяє рідині зливатися в гідробак. Рідина поступає в магістраль 6 завдяки керуючому гідравлічному сигналу по магістралі 5. Взаємне розходження бойків 1 і 2 буде відбуватися до тих пір, доки виконується умова:

$$|x_{в0}| + |x_{з0}| \geq L, \quad (1)$$

де  $L$  – параметр, одержаний з особливостей конструкції.

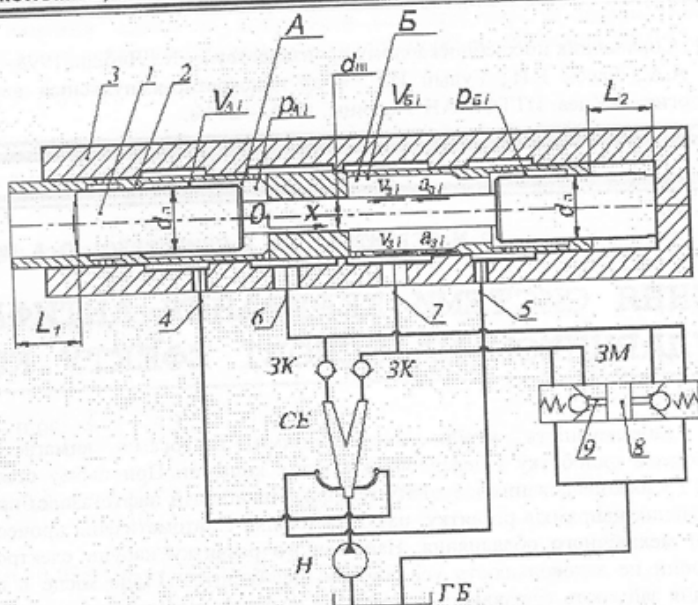


Рис.1. Розрахункова схема роботи антифазного гідроударника.

При виконанні умови (1) тиск, створений в камері А по магістралі 4 попадає в струміневий елемент, де змінює напрям потоку. Робоча рідина під тиском потрапляє в камеру Б, а камера А з'єднується зі зливом. Напрямок руху бойків 1 і 2 при цьому не змінюється. Відбувається їх гальмування перед ударом.

При проходженні бойка 1 відстані  $L_1$  відбувається удар по інструменту. Відповідно при проходженні бойка 2 на відстань  $L_2$  відбувається удар по корпусу, причому  $L_1 = L_2$ . Далі зміна руху в зворотному напрямку.

#### Математична модель

Співвідношення системи рівнянь, які описують процес роботи антифазного гідроударника представлені у неявному вигляді з нелінійними членами і, відповідно, точного рішення не мають. Обчислюються нижченаведені рівняння за допомогою модифікованого методу Ейлера з керуванням за кроком інтегрування і числом членів високих порядків апроксимуючого ряду Тейлора [4].

Попадання в порожнину А робочої рідини, яка утворена насосною установкою Н, призводить до зростання тиску у цій порожнині:

$$P_{A0} = P_3 + \frac{EQ_H dt}{V_{A0}}, \quad (2)$$

де  $P_{A0}$  - початковий миттєвий тиск в порожнині А, МПа;

$P_3$  - тиск зливу робочої рідини, МПа;

$Q_H$  - подача насосної станції, м<sup>3</sup>/с;

$E$  - модуль пружності робочої рідини АМГ-10, МПа;

$dt$  - крок інтегрування, с;

$V_{A0}$  - початковий об'єм порожнини А, м<sup>3</sup>.

В порожнині Б, яка з'єднана з баком Б, тиск не зростає і дорівнює зливному:

$$P_{B0} = P_3, \quad (3)$$

де  $P_{B0}$  - початковий миттєвий тиск в порожнині Б, МПа.

Зростання тиску в порожнині А призводить до виникнення сили. Її чисельне значення визначається з добутку  $p_{A0}S_A$ . Ця сила викликає переміщення внутрішнього та зовнішнього бойків. Початкові прискорення описуються наступним чином:

$$a_{B0} = -p_{A0}S_A / m_B, \quad (4)$$

$$a_{30} = p_{A0}S_A / m_3, \quad (5)$$

де  $a_{B0}, a_{30}$  - початкове миттєве прискорення внутрішнього і зовнішнього бойків,  $m/c^2$ ;

$S_A = \pi(d_{II}^2 - d_{III}^2) / 4$  - активна площа антифазного гідроударника,  $m^2$ ;

$m_B, m_3$  - маси внутрішнього і зовнішнього бойків, кг.

Залежності за початковими умовами відповідно для швидкості, прискорення та часу будуть:  $v_0=0, a_0=0, t_0=0$ . Для  $i$ -го ітераційного циклу зведення бойка залежності розподілені у визначеній послідовності [3]:

$$t_{i+1} = t_i + dt, \quad (6)$$

де  $dt$  - крок інтегрування, с;

$t_i$  - час, пройдений бойком, с.

$$v_{Bi+1} = v_{Bi} + a_{Bi}dt, \quad (7)$$

де  $v_{Bi}$  - миттєва швидкість внутрішнього бойка,  $m/c$ ;

$a_{Bi}$  - миттєве прискорення внутрішнього бойка,  $m/c^2$ .

$$v_{3i+1} = v_{3i} + a_{3i}dt, \quad (8)$$

де  $v_{3i}$  - миттєва швидкість зовнішнього бойка,  $m/c$ ;

$a_{3i}$  - миттєве прискорення зовнішнього бойка,  $m/c^2$ .

$$dx_{Bi+1} = v_{Bi}dt + (4a_{Bi} - a_{Bi-1})\frac{dt^2}{6}, \quad (9)$$

де  $dx_{Bi}$  - приріст переміщення внутрішнього бойка, м.

$$dx_{3i+1} = v_{3i}dt + (4a_{3i} - a_{3i-1})\frac{dt^2}{6}, \quad (10)$$

де  $dx_{3i}$  - приріст переміщення зовнішнього бойка, м.

$$x_{Bi+1} = x_{Bi} + dx_{Bi+1}, \quad (11)$$

де  $x_{Bi}$  - миттєве переміщення внутрішнього бойка, м.

$$x_{3i+1} = x_{3i} + dx_{3i+1}, \quad (12)$$

де  $x_{3i}$  - миттєве переміщення зовнішнього бойка, м.

$$V_{Ai+1} = V_{Ai} + S_A (|dx_{Bi+1}| + |dx_{3i+1}|), \quad (13)$$

де  $V_{Ai}$  - миттєве значення об'єму порожнини А,  $m^3$ .

$$V_{Bi+1} = V_{Bi} - S_A (|dx_{Bi+1}| + |dx_{3i+1}|), \quad (14)$$

де  $V_{Bi}$  - миттєве значення об'єму порожнини Б,  $m^3$ .

$$P_{Ai+1} = P_{Ai} + \frac{E(Q_H dt - (|dx_{Bi+1}| + |dx_{3i+1}|)S_A)}{V_{Ai}}, \quad (15)$$

де  $P_{Ai}$  - миттєвий тиск в порожнині А, Па.

$$P_{Bi+1} = P_{Bi} + \frac{E(Q_H dt + (|dx_{Bi+1}| + |dx_{3i+1}|)S_A)}{V_{Bi}}, \quad (16)$$

де  $P_{Bi}$  - миттєвий тиск в порожнині Б, Па.

$$a_{Bi+1} = (P_{Ai+1} - P_{Bi+1})S_A / m_B, \quad (17)$$

$$a_{3i+1} = (P_{Ai+1} - P_{Bi+1})S_A / m_3 \quad (18)$$

де  $a_{Bi}$ ,  $a_{3i}$  - миттєві прискорення внутрішнього і зовнішнього бойка,  $m/c^2$ .

Частота антифазного гідроударника визначається:

$$n = 1/t_n, \quad (19)$$

де  $t_n$  - повний час, пройдений бойком від зведення до удару, с.

Енергія одиничного удару внутрішнього бойка:

$$A_{yB} = m_B v_B^2 / 2, \text{ Дж.} \quad (20)$$

Енергія одиничного удару зовнішнього бойка:

$$A_{y3} = m_3 v_3^2 / 2, \text{ Дж.} \quad (21)$$

Далі цикл повторюється з підстановкою одержаних значень як початкових.

В розрахунок є можливість переривати цикл для корегування за кроком і числом членів апроксимуючого ряду Тейлора, а також вивід повідомлень в діалоговому режимі.

Діалогова частина може реалізовуватись в будь-якій оболонці, що дозволяє: відтворити зображення графіків розрахункової схеми антифазного генератора імпульсів і редагувати їх в діалоговому режимі, змінюючи величину параметрів, імітувати різні конструкторські рішення.

На рис. 2 наведені графіки залежностей тисків в порожнинах А і Б та прискорення зовнішнього і внутрішнього бойків.

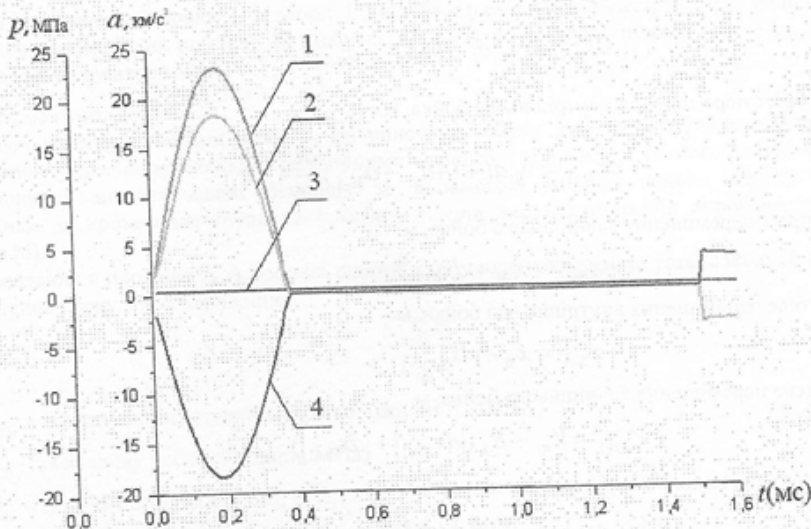


Рис. 2. Графіки залежностей параметрів антифазного гідроударника:

- 1 – зміна тиску в порожнині А; 2 – зміна прискорення внутрішнього бойка;
- 3 – зміна тиску в порожнині Б; 4 – зміна прискорення зовнішнього бойка

Залежно від подачі рідини в камеру А або Б гідроударника, змінюється швидкість відповідно зовнішнього або внутрішнього бойків. Вона зростає параболічно і, досягши свого максимального значення  $v = 4,34 м/с$ , стабілізується. Графік тиску в порожнині А спочатку зростає, а далі залежить від зміни швидкості – при збільшенні швидкості бойка тиск стрімко знижується, а при

$v = const$  тиск в камері А дорівнює зливному тиску в камері Б  $p_B = p_3 = 0,5$  МПа.

Прискорення внутрішнього бойка гідроударника так само залежить від швидкості – з підвищенням швидкості прискорення зменшується. Для зовнішнього бойка процес аналогічний, але з від'ємним знаком.

В кінці ходу бойків відбувається гальмування. Тиск і прискорення збільшуються.

### Висновки

1. Вперше розроблено схему керування антифазним гідроударником з використанням ефекту Коанда, в якій встановлено гідрозамок (рис. 1), що блокує самовільний витік робочої рідини в гідробак.
2. Створено математичну модель динаміки руху антифазного гідроударника, особливості якої полягають в тому, що вона дає змогу розрахувати частоту, енергію одиночного удару внутрішнього та зовнішнього бойків антифазного гідроударника при їх взаємодії.
3. За одержаними значеннями розрахунків математичної моделі побудовано графіки залежностей параметрів антифазного гідроударника і встановлені максимальні значення тиску в камері А 22,8 МПа, швидкості 4,34 м/с та прискорення 18,33 км/с<sup>2</sup>.

### Література

1. Основы функционирования системы забой – горная машина: Учебное пособие/ А.Ф. Кичигин, О.М. Терентьев, О.И. Луц. – К.: УМК ВО, 1989. – 224 с.
2. Елимелех И.М., Сидоркин Ю.Г. Струйная автоматика. – М.: Машиностроение, 1972.
3. Ю.П. Пристало, В.М. Слиденко., Моделирование процесса периодической перезарядки аккумулятора гидромолота. – К.: 1992.-56 с.
4. А. Ф. Бермант, И.Г. Араманович. Краткий курс математического анализа. – М., 1966 г., 736 с.