

УДК 62.525

С.Ю. Космина, К.С. Голіченко, О.П. Губарев

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

Система приводів модульного мобільного пристрою

Дана робота присвячена визначенню параметрів і устрою приводів, які використовуються в мобільному пристрої для перевірки внутрішнього стану стінок газогону, та розробці алгоритму керування рухом пристрою.

За результатами аналізу відомих технічних рішень, які призначені для перевірки внутрішнього стану стінок газогонів та середовища, де працюватиме мобільний пристрій, було визначено конструктивні особливості та основні вимоги [1-3]:

1. Вибухозахисне виконання, відповідно до розділу охорони праці, оскільки газ є вибухонебезпечною речовиною.

2. Можливість зміни напрямку руху в двох площинах, для подолання поворотів.

3. Живлення пристрою має бути автономним, адже ділянку, що підлягатиме перевірці, не будуть відключати від робочої системи газопостачання, відповідно постійного зовнішнього живлення не буде.

4. Пристрій має можливість виконання руху вертикально вгору та вертикально вниз.

5. Механізм руху, який зможе подолати перешкоди у вигляді ям та горбів, спричинених пошкодженням труб.

6. Можливість переміщення в умовах обмежених змін перерізу трубопроводу, внаслідок розгалужень та наявності в системі деформацій різного характеру, що спричинили зміну форми труб (овальність, сплющення).

7. Наявність елемента для спостереження за внутрішнім станом стінок труб.

Внаслідок того, що пристрій працюватиме в закритій системі газопостачання, для забезпечення його руху було обрано пневматичні приводи, а робочим середовищем – газ, який транспортується газогоном. Для забезпечення роботи приводів, необхідна наявність перепаду тисків. Враховуючи особливості, зміну тиску запропоновано отримати завдяки

змінному і керованому аеродинамічному опору, який виникає на елементах пристрою.

Щоб вирішити поставлені задачі запропоновано використати модульну схему пристрою (рис. 1.). Мобільний пристрій складається з трьох секцій, що з'єднані одна з одною за допомогою одноштокових пневмоциліндрів 1, які мають шарнірне кріплення 2. В кожній секції знаходиться регульований дросель 3, розрахунковий опір якого відповідає зменшенню площі прохідного перерізу вдвічі, з поворотним пневматичним приводом 4 та секторними вікнами 5, фіксуючі пневматичні пристрої 6, роликові платформи 7 для руху секції вздовж стінок. Також, до першої секції входять пристрої для контролю стану поверхні трубопроводу 8, електричний блок живлення 9, програмований контролер 10. На пневматичних циліндрах зі сторони кріплення гільзи до секції встановлено розподільчі клапани, що керують роботою фіксуючих пристроїв та дроселів. Фіксуючі пристрої кожної секції складаються з п'яти пневмоциліндрів двосторонньої дії 11, та шарнірно встановлених притискних башмаків 12. По обидва боки від фіксуючого пристрою розташовано роликові платформи, що кріпляться шарнірно та притискаються до стінок труби за допомогою пружних елементів 13.

Робота мобільного пристрою відбувається наступним чином. Завдяки трьом керованим поворотним дроселям максимальний аеродинамічний опір виникає на 1-й, 2-й або 3-й секціях, завдяки зачиненим дроселям на відповідних ділянках. Якщо перша та друга секції зафіксовані відносно трубопроводу, завдяки притискним пристроям, то аеродинамічний опір створює достатню силу, для пересування третьої секції відносно другої секції (при зачиненому дроселі третьої секції). При фіксації третьої та першої секцій або другої та третьої секцій аналогічним чином пересуваються друга або перша секції відповідно. Таким чином, шляхом чергування роботи притискних механізмів трьох секцій та відповідних дроселів відбувається пересування мобільного приладу на 1 крок. Відстань кроку дорівнює одному ходу міжсекційного пневматичного циліндру 7 або 8, що відповідає параметрам технічного завдання.

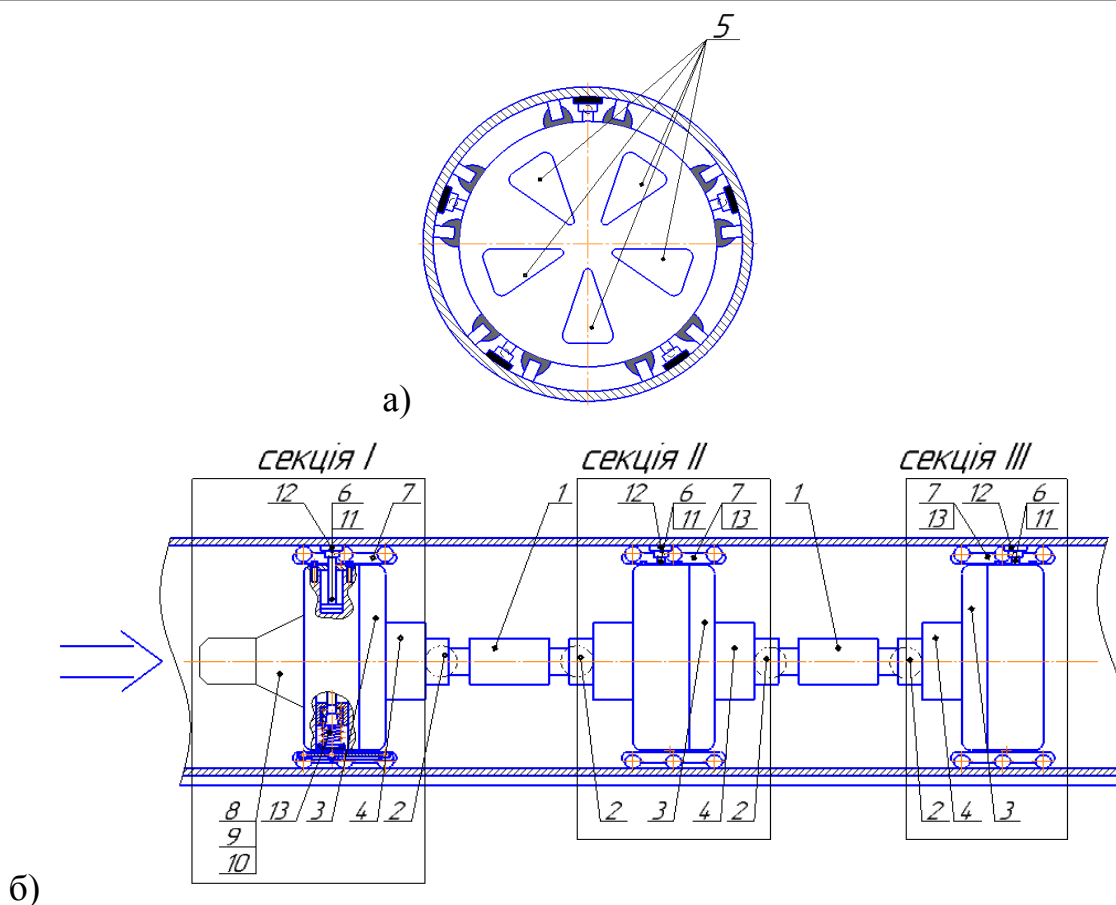


Рис. 1. Схема модульного мобільного пристрою: а) дросель секції; б) трьохсекційний пристрій

За параметрами трубопроводу, дроселів та вимог до пристрою, розраховано пневмоциліндри, що виконують функцію затискних елементів, які в свою чергу розвивають технологічне зусилля у кінці робочого ходу. Визначено діаметр циліндра :

$$D_f = \sqrt{\frac{P_2 \pm mg}{0,9p_m - p_2}},$$

де m – маса всіх рухомих елементів, зв'язаних з поршнем; $\pm mg$ – вага рухомих частин, що враховується при вертикальному або похилому розташуванні пневмоциліндра; P_2 – корисне навантаження; p_m – абсолютний тиск стиснутого газу, перед пристроєм; p_2 – тиск стиснутого повітря за пристроєм.

Діаметр пневмоциліндрів, які забезпечують повздовжній рух під технологічним навантаженням визначено, як:

$$D_p = 1,13 \sqrt{\frac{P_2 \pm mg}{p_m * \chi_p (1 \pm k_T)}},$$

де m – маса рухомих елементів; $\pm mg$ – вага рухомих частин, що враховується при вертикальному або похилому розташуванні пневмоциліндра; P_2 – корисне навантаження; χ_p – безрозмірний параметр навантаження; k_T – коефіцієнт врахування сил тертя.

Визначення параметрів поворотного приводу знаходять з умов закриття-відкриття вікон поворотного дроселя (рис. 1) та забезпечення міцності.

Запропонована система розпочинає роботу з 1-го циліндра (рис. 2), що вимикає фіксацію третьої секції. Далі відбувається її пересування за допомогою циліндра 4. Після того як секція зайняла крайню позицію, відбувається повернення циліндра 4 в початкове положення, після чого відбувається фіксація третьої секції за допомогою циліндра 1. Аналогічним чином відбувається послідовне пересування секцій і рух пристрою:

$$1 - 4 - 8 - \bar{4} - \bar{1} - 2 - 5 - \bar{8}, 7 - \bar{5} - \bar{2} - 3 - 6 - \bar{7} - \bar{6} - \bar{3}$$

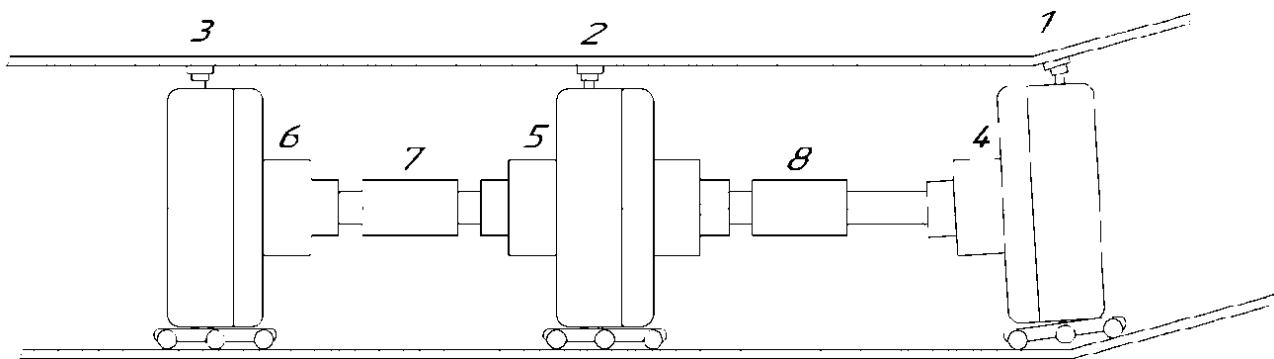


Рис. 2. Схема розташування пневмоциліндрів на модульному мобільному пристрої, де 1, 2, 3 – притискні приводи; 4, 5, 6 – поворотні приводи; 7, 8 – приводи переміщення

Для розробки системи керування був побудований функціональний граф (рис. 3), виконано дослідження логічної невизначеності та доповнення елементом пам'яті 9. Остаточна послідовність дій має вигляд:

$$1 - 4 - 8 - \bar{4} - \bar{1} - 2 - 9 - 5 - \bar{8}, 7 - \bar{5} - \bar{2} - 3 - 6 - \bar{7} - \bar{6} - \bar{3} - \bar{9}$$

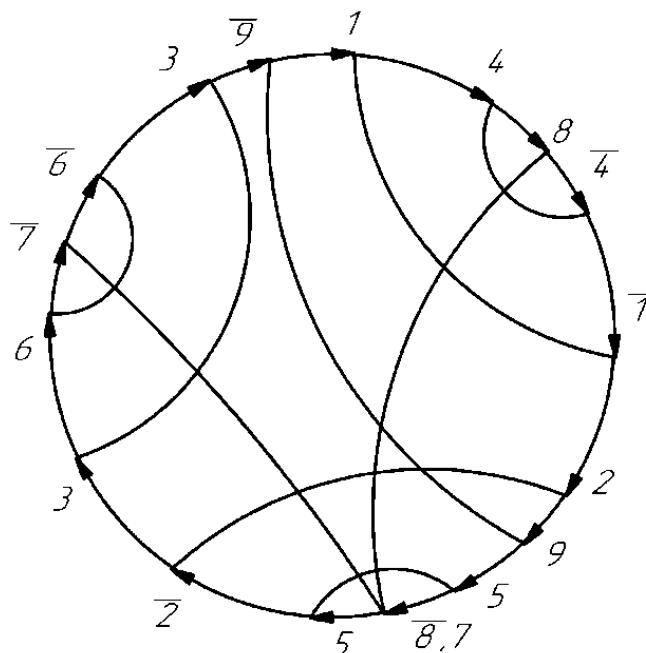


Рис. 3. Результуючий функціональний граф з елементом пам'яті 9

Відповідно до послідовності дій виконавчих пристроїв, було складено вирази команд керування в бістабільному варіанті, запропоновано змішану систему керування, що використовує засоби пневмоавтоматики і PLC, розроблено алгоритм керування рухом пристрою та передбачено дії приводів у випадках, передбачених умовами використання.

Вирази бістабільних команд керування:

$$\begin{array}{lll}
 Y_1 \leq X_{\bar{9}} \cdot t_8 \cdot X_{start} & Y_4 \leq t_1 \cdot \bar{t}_8 & Y_7 \leq t_5 \\
 Y_{\bar{1}} \leq t_4 \cdot t_8 & Y_{\bar{4}} \leq t_8 & Y_{\bar{7}} \leq t_6 \\
 Y_2 \leq t_1 \cdot t_8 & Y_5 \leq X_9 \cdot t_8 & Y_8 \leq t_4 \\
 Y_{\bar{2}} \leq t_5 \cdot t_7 & Y_{\bar{5}} \leq t_7 & Y_{\bar{8}} \leq t_5 \\
 Y_3 \leq t_{\bar{2}} \cdot t_7 & Y_6 \leq t_3 \cdot t_7 & Y_9 \leq t_2 \\
 Y_{\bar{3}} \leq t_6 \cdot t_7 & Y_{\bar{6}} \leq t_7 & Y_{\bar{9}} \leq t_7 \cdot t_3 \cdot \bar{t}_8
 \end{array}$$

В розробленій схемі керування пристроєм, не використовуються датчики положення. Їх роль виконують таймери, внаслідок обмеженого простору в газопроводі. На кожен привід, окрім 7, припадає один таймер, який спрацьовує двічі (на висуванні та на втягування). Внаслідок послідовності циклу, 7 пневмоциліндр, повинен мати різні таймери на кожен з процесів, для коректного пересування.

Команди таймерів:

$$\begin{aligned}t_1 &\leq X_9 \cdot t_8 \cdot X_{start} + t_4 \cdot t_8; & t_2 &\leq t_1 \cdot t_8 + t_5 \cdot t_7 & t_3 &\leq t_2 \cdot t_7 + t_6 \cdot t_7 \\t_4 &\leq t_1 \cdot \bar{t}_8 + t_8; & t_5 &\leq X_9 \cdot t_8 + t_7 & t_6 &\leq t_3 \cdot t_7 + t_7; ; \\t_7 &\leq t_5 & t_7 &\leq t_6 & t_8 &\leq t_4\end{aligned}$$

Висновки:

За попередніми розрахунками при швидкості руху газу 17 м/с і тиску 3 бари зусилля утримання за одним притискним пристроєм дорівнює 24,35 Н, за двома 48,7 Н. Таким чином, схема придатна для подальшої розробки трубного маніпулятора.

Список використаних джерел

1. Pat. 0089738 European patent application, Int. Cl. F16L 55/00. Pipeline gauging vehicle [Text] / Prentice, Ian - applicant British Gas Corporation - representative Wallace, Walter - №83300583.8 ; date of filling 04.02.83 ; date of publication of application 28.09.83, Bulletin 83/39 - 17pages - 3illustrations.
2. Пат. 2382934 Російська Федерація, МПК F17D 5/02 (2006.01), F16L 55/26 (2006.01). Дефектоскоп-снаряд для внутритрубного обстеження трубопроводов [Текст] / Заморозков В. Б. ; заявитель и патентообладатель Заморозков В. Б. - № 2008135840/06 ; заявл. 04.09.2008 ; опубл. 27.02.2010, Бюл. № 6. - 10 с. : ил.
3. Пат. 2379674 Російська Федерація, МПК G01N29/04 (2006.01). Устройство для обследования и диагностики трубопроводов [Текст] / Жвачкин С. А., Баканов Ю. И., Гераськин В. Г. и др. ; заявитель и патентообладатель ООО «Газпром трансгаз – Кубань». - № 2008120726/28 ; заявл. 23.05.2008 ; опубл. 20.01.2010.