

УДК 62.85 (075.3)

ПНЕВМОДВИГУН ІЗ КІЛЬЦЕВИМ РОТОРОМ У МЕХАНОТРОННИХ СИСТЕМАХ

*Яцина М.М., асистент. Литвиненко Б.Я., к.т.н., доц.**Кременчуцький державний політехнічний університет імені Михайла Остроградського**39614, м. Кременчук, вул. Першотравнева, 20**E-mail: grfika@polytech.poltava.ua*

Рассмотрены мировые тенденции развития пневматических систем управления в машиностроении, а также представлен принцип действия и конструкторское описание пневмодвигателя. Содержится описание и схему экспериментальной установки для испытаний пневмодвигателя.

Ключевые слова: Кинематическая характеристика, пневматические системы управления, пневмодвигатель, исполнительное устройство, расход воздуха.

In this article the world progress trends of the pneumatic control systems are considered in, and also principle is represented actions and designer description. The article contains description and chart of the experimental setting.

Keywords: Kinematics description pneumatic control, executive device expense of air systems.

Вступ. У другій половині двадцятого сторіччя перед людством виникла проблема – забруднення навколишнього середовища продуктами згоряння органічних палив, які незабаром будуть вичерпані з надр Землі. У зв'язку з цим, все більше і більше світова громадськість схиляється до перетворення енергії стислого повітря в крутячий момент.

Аналіз попередніх досліджень. Пневматичні системи управління (ПСУ) разом із електричними і гідравлічними системами є одним з найбільш ефективних засобів автоматизації і механізації виробничих процесів. Досить сказати, що в найбільш розвинених капіталістичних країнах близько 90% всіх автоматизованих процесів оснащено ПСУ [1].

Оснащення ПСУ машин і устаткування складає (від загального випуску): пакувальних машин-до 90%; зварювальних і ливарень машин-до 70%; автоматичних маніпуляторів до-50%; ковальсько-пресових машин більше 40%; вугледобувних машин-більше 30%; прального устаткування-до 40%; текстильних і взуттєвих машин, деревообробного і харчового устаткування-20% [2].

Переваги ПСУ особливо виявляються при механізації і автоматизації наступних найбільш масових операцій: затиску деталей, їх фіксації, кантуванні, складки, контролі лінійних розмірів транспортуванні, упаковці і інших, що дозволяє виключити або звести до мінімуму участь людини у важких і монотонних роботах, при цьому продуктивність праці на цих операціях зростає в 1,5 – 4 рази [2].

Широкому впровадженню ПСУ в машинобудування сприяють їх позитивні якості: відносна простота конструкції і експлуатаційного обслуговування, а отже, низька вартість і швидка окупність витрат; надійність роботи в широкому діапазоні температури, високої вологості і запиленої навколишнього середовища; пожежно і вибухонебезпечність; значний термін служби, що досягає 10000–

20000 ч. (10–50 млн. циклів); висока швидкість переміщення вихідної ланки пневматичних виконавчих пристроїв (лінійного-15 м/с, обертального 100000 об/хв); легкість отримання і відносна простота передачі енергоносія (стислого повітря), можливість постачання їм великої кількості споживачів від одного джерела; відсутність необхідності в захисних пристроях при навантаженні (пневмодвигуни можуть бути загальмовані до повної зупинки без небезпеки пошкодження і можуть залишатися під навантаженням практично без споживання енергії).

До основних недоліків ПСУ можна віднести порівняно малу швидкість передачі сигналу на значні відстані, складність забезпечення плавного пересування робочих органів пневматичних виконавчих пристроїв при коливаннях навантаження і відносно високу вартість енергоносія (стислого повітря). Проте, для більшості автоматизованих об'єктах у машинобудуванні параметри ПСУ прийнятні, крім того, вказані недоліки можуть бути частково або повністю усунені шляхом застосування комбінованих пневмоелектричних систем управління.

У вітчизняному машинобудуванні використовуються системи, реалізовані на пневматичній техніці трьох рівнів тиску: високого 0,2–1,6 МПа, середнього 0,1–0,25 МПа і низького 0,001–0,01 МПа.

Характерною межею розвитку ПСУ в сучасному машинобудуванні є використання пневматичних пристроїв не тільки в силових приводах, але і в системах управління для програмування, контролю і управління робочими процесами в автоматичних лініях, маніпуляторах і інших машинах. Тому важливо, що широке коло працівників, що займаються проектуванням і експлуатацією автоматичних систем, мав чітке уявлення про те, що випускається вітчизняними підприємствами пневмоустаткування і про методи розрахунку і проектування його основних елементів.

Один із таких пневматичних двигунів розроблений в 1998 році австралійським вченим Діп'єстро. Конструкція даного двигуна базується на принципі перетворення енергії двигуна Ванкіля.

На рис. 1 зображено конструкцію двигуна Діп'єстро.



Рисунок 1 – Конструкція двигуна Діп'єстро

Мета роботи. Розглянути тенденції розвитку пневматичних систем у сучасному машинобудуванні, а також дослідити принципи дії та робочих характеристик пневматичного двигуна (ПД).

Матеріал і результати дослідження. Оскільки пневматичні системи є одним із численних видів систем управління (електричних, електронних, механічних, гідравлічних і т. п.) при структурному синтезі цих систем використовуються загальні методи теорії управління. Разом із тим специфічні особливості елементів пневмоавтоматики дозволяють виділити їх в окремий клас, для якого на базі загальних методів розроблені методи структурного синтезу.

Розглянемо принцип роботи ПД, що ґрунтовно відрізняється від сучасних конструкцій ПД.

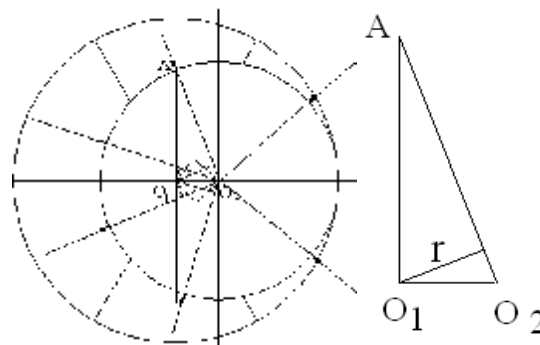
Стисле повітря по трубопроводу поступає в золотникову камеру. Через впускний отвір стисле повітря заповнює робочу камеру, при цьому усікання на золотнику сполучає золотникову камеру з впускним отвором. В результаті дії стислого повітря на стінки робочої камери остання починає розширятися. Робоча камера обмежена порожниною картера, робочим кільцем і двома сусідніми пелюстками притиснуті пружинами до робочого кільця. У процесі розширення відбувається, дякуючи зсувам центру робочого кільця щодо центру ротора, обертання ротора. Ексцентриситет забезпечується двома роликами, встановлених на роторі.

При повороті ротора на кут 60 градусів золотник, сполучений з ротором шліцьовим з'єднанням, перекриває впускний і випускний отвір, і відбувається розширення робочої камери без підведення стислого повітря. При повороті ротора на кут 150 градусів усікання на золотнику сполучає впускний і випускний отвір і повітря з робочої камери поступає внут-

рішню порожнину золотника, звідки, через отвір в днищі картера, викидається в навколишнє середовище. Період продування складає 120 градусів.

Перетворення енергії стиснутого повітря в крутячий момент відбувається за рахунок зміни графічного радіуса від кута повороту робочого кільця. Розрахункова схема прикладення сил до робочого кільця представлена на рис. 2.

Для проведення кінематичного розрахунку уявимо внутрішній радіус корпусу R і зовнішній радіус кільця r у вигляді окружностей, враховуючи, що кільце встановлено ексцентрисично ($e = R - r$).



де AO_2 – радіус кільця ; O_1O_2 – ексцентриситет

Рисунок 2 – Кінематична схема розрахунку пневматичного двигуна.

Розглянемо прямокутний трикутник прикладення сил стиснутого повітря на поверхню трикутника, де плече прикладення сил є перпендикуляр до гіпотенузи .

$$AO_1 = \sqrt{AO_2^2 - O_1O_2^2} ; \quad (1)$$

$$AO_1 = \sqrt{r^2 - (R - r)^2} = \sqrt{2rR - R^2} ,$$

де R - радіус порожнини картера.

На рис. 2 r' визначає графічний радіус, який змінюється в залежності від кута повороту кільця.

$$r' \perp AO_2 \Rightarrow r' = \sqrt{2Rr - R^2} \times \sin \alpha , \quad (2)$$

де r' - графічний радіус, який змінюється залежно від кута повороту кільця;

Оскільки, при порівнянні різниці складає менше 10% , можна зробити висновки про правильність виконаних розрахунків.

За отриманими результатами будемо графік залежності радіуса прикладення сил від кута повороту ротора.

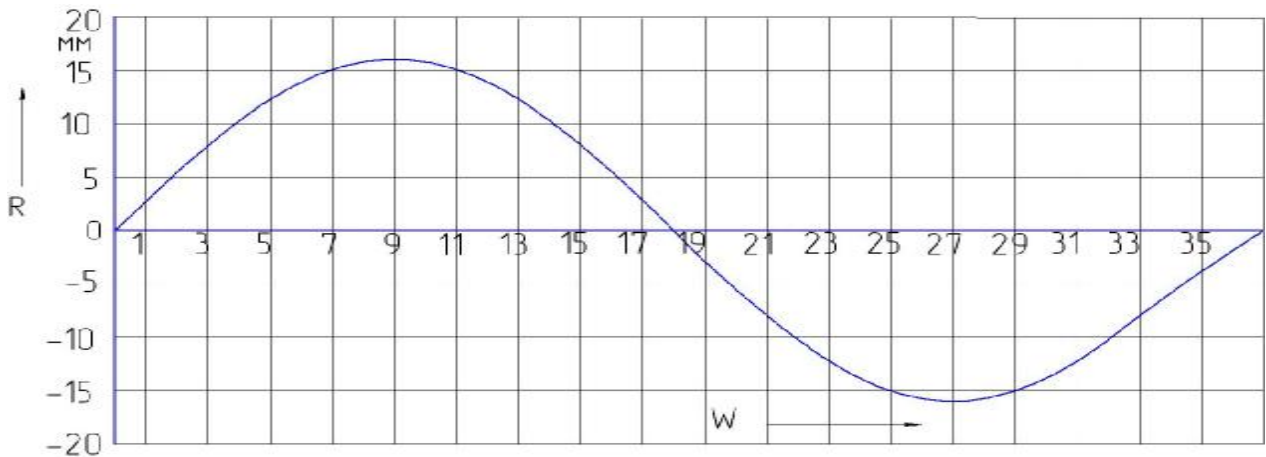


Рисунок 3 – Зміна радіуса прикладення сили от кута повороту ротора

Розрахуємо крутячий момент по формулі [2,стр.47]

$$M = F \cdot r, \quad (3)$$

де F- сила тиску;
r- радіус
тоді

$$F = P \cdot S; \quad (4)$$

де P - тиск діючий на поверхню кільця МПа;
S - площа поверхні кільця між лопатками ,на які діє тиск P.

Знаходимо площу поверхні кільця між лопатками, склавши схему для знаходження площі, при цьому радіус кільця O_2 A и кут між лопатками рівний 60 градусів.

$$S = l_{\text{дуги}} \cdot 0,25d_{\text{кол}}; \quad (5)$$

$$l_{\text{дуги}} = \frac{p \cdot r \cdot a}{180}, \quad (6)$$

де $a = 60^\circ$ - кут між сусідніми лопатками.

Знаходимо силу F при різноманітному тиску P та також крутячий момент M.

Інші значення крутячого моменту M и сили F зведемо в табл. 1

Розрахуємо потрібну потужність и потрібний крутячий момент при швидкості переміщення шліфувальної рейки 50 км/ч = 13,89 м/с по формулі [1,стр.34]

$$M_{\text{кр}} = \frac{N}{\omega} \quad (7)$$

$$N = \frac{1}{h} (m_a \cdot g) \cdot 10^3 \quad (8)$$

$\eta_{\text{тр}}$ - коефіцієнт корисної дії становить 0.87

[4,стр.56]

$m_a=10$ кг. маса рейки

Таблиця 1 – Результати розрахунків крутячого моменту и сили F

Сила F, Н	Крутячий момент, Нм
99,35	4,56
198,7	7,52
298,05	11,28
397,4	15,05
496,74	18,81
993,48	37,61
1490,22	47,48
1986,97	75,23
2483,71	94,03
22850,15	865,11
23346,89	883,91
23843,64	902,72
24340,38	921,53
24837,12	990

По результатам розрахунку будемо графік залежності потужності двигуна від кутової швидкості ротора.

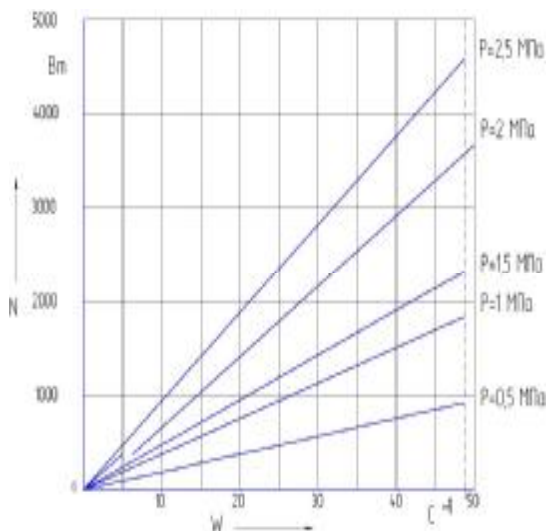


Рисунок 4 – Зміна потужності двигуна від кутової швидкості ротора при різному тиску

$$N = M_{кр} \cdot \omega \text{ (Вт);} \quad (10)$$

при $\omega = 5$ рад/с потужність двигуна дорівнюватиме:

Інші розрахунки заносимо до таблиці

Таблиця 2 – Результати розрахунків кутової швидкості і крутячого моменту

ω , (рад/с) $M_{кр}$, (Нм)	18,81	37,61	47,48	75,23
5	94,05	188,05	237,4	376,15
10	181,1	376,1	474,8	752,3
15	282,15	564,15	712,2	1128,45
20	376,2	752,2	949,6	1504,6
25	470,25	940,25	1187	1880,75
30	564,3	1128,3	1424,4	2256,9
35	658,35	1316,35	1661,8	2633,05
40	752,4	1504,4	1899,2	3009,2
45	846,45	1692,45	2136,6	3385,35
48,73	916,61	1832,74	2313,7	3665,96

По отриманим розрахункам будемо графік залежності крутячого моменту від тиску в робочій камері.

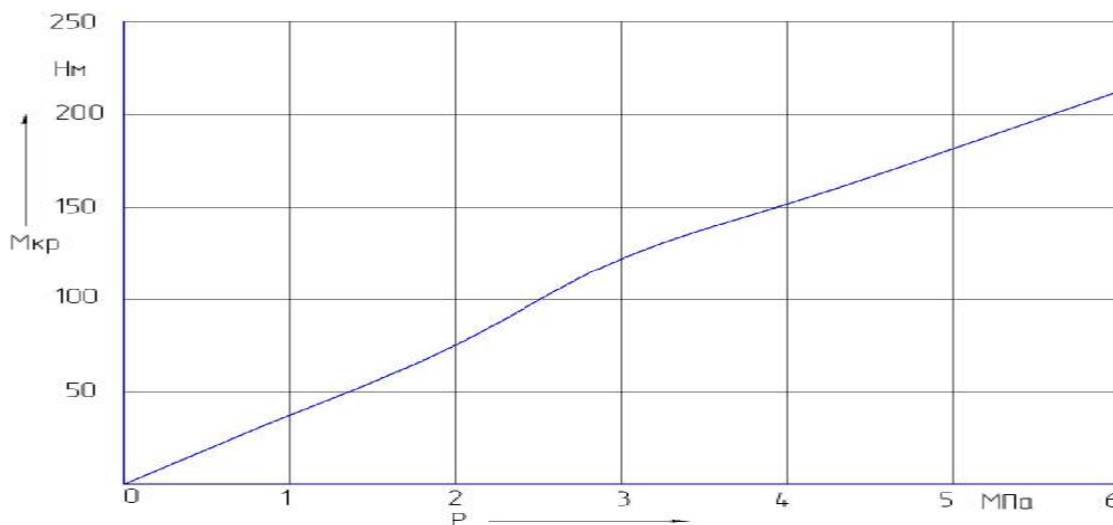


Рисунок 5 – Зміна крутячого моменту від тиску в робочій камері

У зв'язку з прогресом сучасної техніки області застосування пневматичних приводів і пристроїв значно розширюються, номенклатура пристроїв збільшується, їх конструкції стають все більш різноманітними. Подальшому впровадженню пневматичних приводів сприяють розвиток їх теорії і розробка методів розрахунку і проектування. Сучасний стан електронної обчислювальної техніки дозволяють мати моделюючі і цифрові машини не тільки в науково-дослідних інститутах, але і в експериментальних лабораторіях заводів. Інженери з їх допомогою можуть вирішити і вирішують різні задачі за розрахунком пневматичних при-

строїв, тому вони цікавляться розрахунковими рівняннями, що правильно відображають фізичні процеси, і виведення цих рівнянь. Разом з тим є роботи яких описуються рівняннями різними. Але рівняння і математичні моделі не можуть дати дійсних характеристик пневмодвигуна. Тому для повного вивчення характеристик пневмодвигуна необхідно провести ряд експериментів. Для проведення експерименту розроблена експериментальна установка, зображена на рисунку 6 [3].

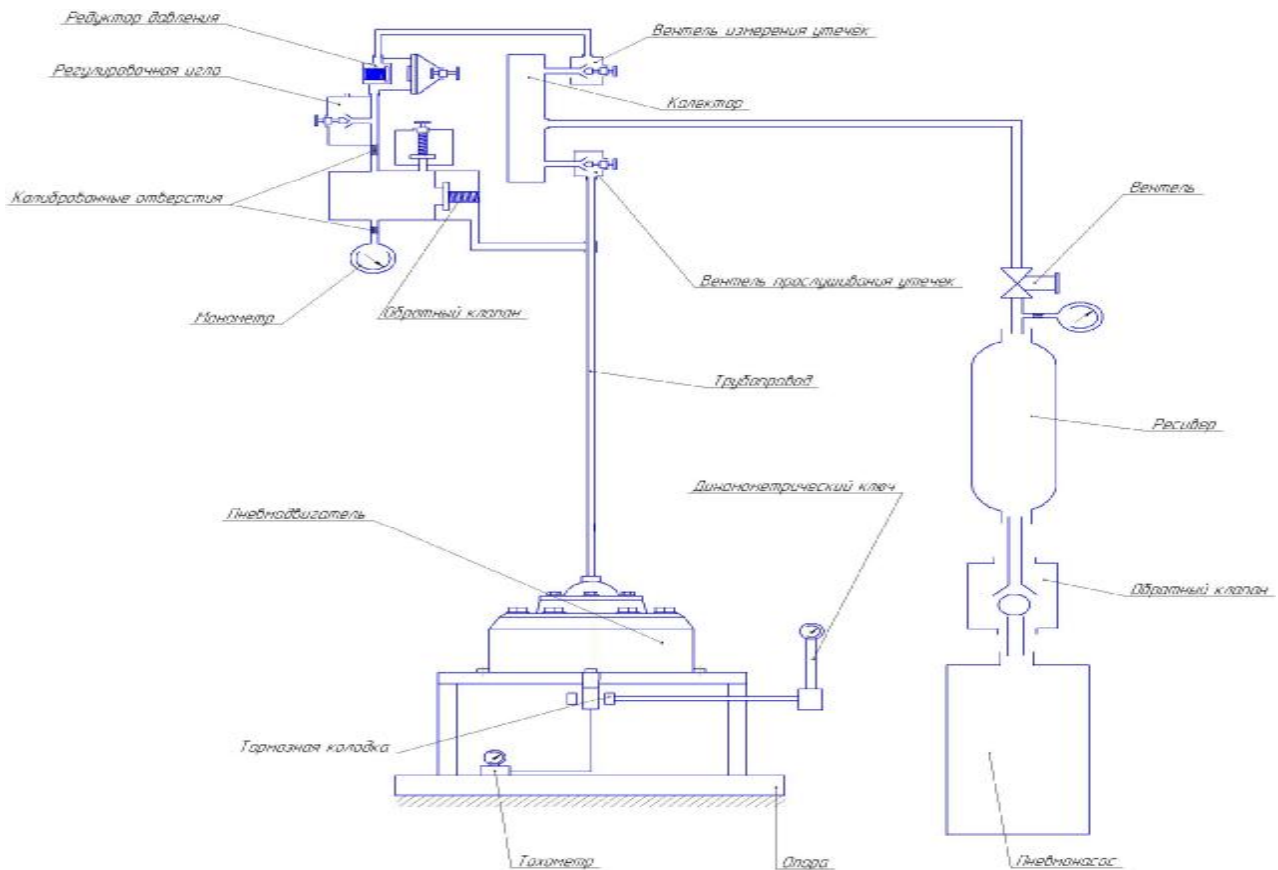


Рисунок 6 – Экспериментальной установки для випробування пневмодвигуна.

Висновки. В сучасному машинобудуванні все більше і більше уваги приділяється пневматичним системам управління, що дає широке поле роботи для впровадження нових рішень, щодо впровадження новаторських рішень у галузі наукової діяльності. Тому, впровадження пневматичних двигунів типу ПД дає змогу вирішити безліч питань, пов'язаних з удосконаленням технічних та робочих характеристик.

ЛІТЕРАТУРА

1. Герц Е.В. Пневматически приводы. – М.: Машиностроение, 1969,-322с.
2. Повх И.Л. Аэродинамический эксперимент в машиностроении . –Л.: Машиностроение, 1974, - 468с.
3. Гришкевич А.И. Автомобиль. Теория. М.: Машиностроение, 1986.

Стаття надійшла 05.05.2008.
Рекомендовано до друку д.т.н., проф.
Саленко О.Ф.