

УДК 621.873

## Випробування пневмоциліндрів з використанням реле часу

*Сітлана Комоцька<sup>1</sup>, Максим Бігун<sup>2</sup>*

Київський національний університет будівництва і архітектури,  
Повітрофлотський проспект 31, Київ, Україна, 03680

<sup>1</sup>svetlanakama@gmail.com, orcid.org/0000-0001-8418-5302

Received: 10.10.2019; Accepted: 05.12.2019

<https://doi.org/10.32347/gbdmm2019.94.0501>

**Анотація.** Сучасна Україна потребує розширення сфери застосування систем пневмоавтоматики в машинобудуванні (машини ударної дії, затискні пристрої та подача робочого інструменту у верстатах, роботи-маніпулятори, приводи пневматичних домкратів, ручний механізований інструмент) і автомобілебудуванні (пневматичні амортизатори, системи відкривання дверей).

Як гідравлічний так і пневматичний приводи широко застосовуються на підйомно-транспортних, будівельних, дорожніх, меліоративних машинах, а також на технологічних лініях підприємств, які виготовляють продукцію різних галузей промисловості.

В статті наведені теоретичні основи роботи пневмоприводів та представлений опис конструкції, призначення існуючих елементів пневмосистем і елементів керування пневмосистемами. Розглянуто приклади використання цих елементів на пневмостенді виробництва компанії CAMOZZI та змодельовано принцип їх роботи в програмі FluidSim. Пневмоциліндри на навчальних стендах використовуються як виконавчі органи для реалізації поставлених задач, тому дослідження взаємодії найбільш розповсюджених елементів таких як реле часу, дроселі, різноманітні клапани та розподільники є важливим аспектом при роботі з пневматичними системами та виконання задач автоматичного регулювання процесів руху виконавчих органів.

Досліджено вплив налаштування елементів пневмосистеми на швидкість руху та порядок роботи двох пневмоциліндрів двосторонньої дії з використанням пневматичного реле часу і датчиків положення. При роботі стенда реле часу замінювала система складена з дроселю, одностороннього пневмоциліндра і моностабільного розподільника 3/2. Шляхом регулювання дроселя було досягнуто витримку в часі між висуванням штоку пневмоциліндра 1 та штоку ISSN 2312-6590. Гірничі, будівельні, дорожні і меліоративні машини, 94, 2019, 51-62

пневмоциліндра 2.

На монтажній плиті пневмостенда (мехатронного стенда) реалізовано пневматичну систему за складеною пневматичною схемою, як виконавчий орган використано два пневмоциліндри двосторонньої дії.

Проведені випробування роботи двох пневмоциліндрів двосторонньої дії та одного пневмоциліндра односторонньої дії, який виконував роль ресивера в реле часу. Досліджено параметри, які потрібно враховувати при проектуванні пневмосистем.

**Ключові слова:** Пневмопривод, пневмоциліндр, шток, пневматична система, пневмосхема, пневмостенд, реле часу, дросель.

### ОСНОВНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Пневматичний привод забезпечує передачу енергії й енергопостачання машин за допомогою стисненого повітря. Стиснене, до тиску 0,7...0,8 МПа, повітря отримують за допомогою пересувних або стаціонарних компресорів. Компресор характеризується подачею повітря, яка вимірюється при нормальних умовах, тобто при атмосферному тиску і температурі оточуючого середовища. Стиснене повітря не утворює горючих і вибухонебезпечних сумішей, не забруднює оточуюче середовище.

Пневмоприводи складаються з компресора, пневмоємності, пневмодвигуна, пневмоапаратури, пристроїв для очищення повітря, які з'єднуються між собою гнучкими шлангами. Приєднувальні гнучкі шланги вибирають за умовним проходом пневмодвигунів. Усереднені шлангів швидкість руху повітря може досягати 30 м/с.

Найчастіше використовують поршневі компресори, оскільки вони забезпечують високі тиски (понад 10 МПа).

Пневмоємності (ресивери, пневмоакумулятори) призначені для утримання в них повітря під тиском.

Пневмодвигуни і пневмоапаратура (клапани, пневморозподільники, дроселі) такі, як і гідравлічні.

Найбільшого поширення отримали поршневі пневмодвигуни, які називають також пневмоциліндрами. У поперечному перерізі корпусні деталі пневмоциліндрів можуть мати круглу, квадратну або прямокутну форму. У пневмоциліндрах відбувається перетворення потенційної енергії стисненого повітря у кінетичну енергію, тобто в енергію руху поршня [1]. Розрізняють пневмоциліндри одnobічної та двобічної дії.

У пневмоциліндрах одnobічної дії тиск повітря діє на поршень тільки в одному напрямку, у інший бік поршень зі штоком пересувається під дією зовнішніх сил або вбудованої зворотної пружини.

Розвинуте циліндрами зусилля в ньютоннах визначається за наступною залежністю

$$F = p_m \cdot \frac{\pi D^2}{4} - F_{тр} - F_{пр} , \quad (1)$$

де  $p_m$  – тиск у магістралі, Н/м<sup>2</sup>;  $D$  – діаметр поршня пневмоциліндра, м;  $F_{тр}$  – сила тертя в ущільненнях, Н (приймається у межах 10% від розвиненого зусилля);  $F_{пр}$  – зусилля, створюване пружиною у кінці ходу, Н ( складає 10% від розвиненого зусилля).

Пневмоприводи зі зворотною пружиною звичайно використовують для реалізації невеликих переміщень вихідної ланки –  $(0,5 \dots 0,8) D$ , де  $D$  – діаметр циліндра. Це пояснюється тим, що вбудована пружина, стискаючись, значно знижує корисне зусилля, яке розвиває поршень.

У пневмоциліндрах двобічної дії пересування поршня зі штоком під дією стисненого повітря відбувається у двох протилежних напрямках, тобто за прямого та зворотного ходів [4]. Вони виготовляються з ходом поршня від декількох міліметрів до декількох метрів.

Зусилля на штоці цих пневмоциліндрів, (зусилля втягування у Н) при подачі повітря до штокової порожнини менше, ніж при подачі повітря до поршневої порожнини і може бути розраховане за допомогою виразу:

$$F_{вт} = p_m \cdot \frac{\pi D^2}{4} - p_m \cdot \frac{\pi d^2}{4} - F_{тр} , \quad (2)$$

де  $d$  – діаметр штоку, м.

Робочі процеси пневмопривода складаються з течій повітря в трубопроводах, розширення повітря в дроселях і роботи повітря в робочих камерах пневмодвигунів (пневмоциліндрів, пневмомоторів або на лопатях турбін).

Найчастіше застосовують пневмопривод зворотно-поступальної дії з пневмоциліндром, рідше – обертального руху з пневмомотором, ще рідше – поворотні. Регулювання пневмоприводу буває тільки дросельне, машинне не використовують.

Для очищення повітря від порошу, бруду, вологи і маситила використовують фільтри та вологомасловідокремлювачі.

### Опис елементів пневмоавтоматики які використовувалися для досліджень на стенді.

Для простоти експлуатації, замість прямого підключення компресору до елементів навчального стенду, для збільшення терміну роботи елементів стенду та його роботи в цілому, використовується блок підготовки повітря який складається із: повітряного фільтру, регулятора тиску, манометру та маслорозпилювача (Рис 1).

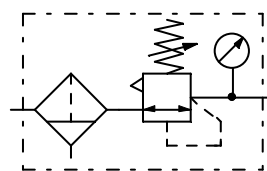


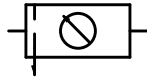
Рис. 1. Блок підготовки повітря

Fig. 1. The Air preparation unit

Проте в схемах спроектованих для роботи на навчальному стенді його або не починають і підводять потрібну величину тиску до кожного елементу окремо, або використовують загальну лінію подачі тиску.

ISSN 2312-6590. Mining, constructional, road and melioration machines, 94, 2019, 51-62

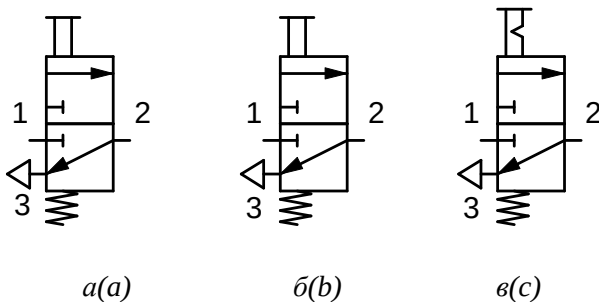
ристовують спрощене позначення блоку підготовки повітря (Рис. 2).



**Рис 2.** Спрощене позначення блоку підготовки повітря.

**Fig. 2.** Simplified designation of the air preparation unit.

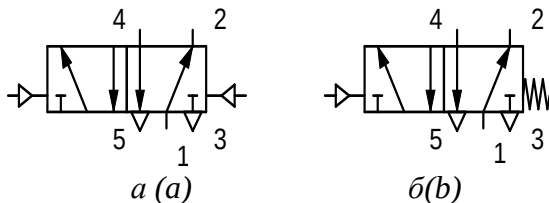
Для моделювання складних задач, які потребують забезпечення безпеки працівників та обладнання і налагодження та перевірки роботи системи, на стенді встановлено 2 розподільника 3/2 кнопки та розподільник 3/2 тумблер (Рис. 3).



**Рис. 3.** Кнопки (а, б) та тумблер (в): 1 – підведення живлення; 2 – вихід кнопки; 3 – термінатор (для виведення повітря)

**Fig. 3.** Buttons (a, b) and toggle switch (c): 1 – power supply; 2 – button output; 3 – terminator (for air outlet)

Для керування робочими органами на стенді встановлені моностабільні та бістабільні розподільні клапани 5/2 (Рис. 4).

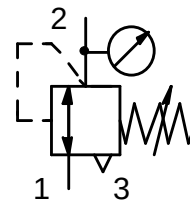


**Рис 4.** Бістабільний (а) та моностабільний (б) розподільні клапани: 1 – підведення живлення; 2 – подача повітря; 3 – термінатор (для виведення повітря); 4 та 5 – лінії керування повітрям

**Fig. 4.** Bistable (a) and monostable (b) distribution valves: 1 – power supply; 2 – air supply; 3 – terminator (for air extraction); 4 and 5 are air control lines

Відмінною особливістю бістабільних розподільних клапанів є збереження останнього заданого положення при відсутності керуючого сигналу. Тому відсутність або повторення попереднього сигналу не змінить стан клапана доти, поки не буде поданий сигнал зворотної команди, на відміну від моностабільних, які, за рахунок механічної пружини, змінюють свій стан у випадку зникнення сигналу на вході в розподільник.

Для контролю та задання тиску повітря в окремих елементах схеми, які не можуть бути підключені на пряму до загального блоку підготовки повітря з певних причин (наприклад особливості обладнання, або вимог технологічного процесу), використовується регулятор тиску з манометром (Рис. 5).



**Рис 5.** Регулятор тиску: 1 – підведення живлення; 2 – вихід регулятора тиску; 3 – термінатор (для виведення повітря)

**Fig. 5.** Pressure regulator: 1 – power supply; 2 - the output of the pressure regulator; 3 – terminator (for air outlet)

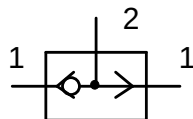
Регульований дросель зі зворотним клапаном, що використовується для дроселювання потоку повітря, тобто керує витратою стисненого повітря. За рахунок зворотного клапану поряд з дроселем, в одному напрямку потік повітря піддається маніпуляції до скорочення, а в протилежному витрата буде максимальною (Рис. 6). Дросель може регулювати швидкість і плавність руху виконавчих органів (наприклад пневмоциліндрів).



**Рис 6.** Регульований дросель зі зворотним клапаном

**Fig. 6.** The adjustable throttle with check valve

Логічний елемент «АБО» використовують як логічне додавання, тобто керуючий сигнал на виході з клапану виникає при надходженні до нього двох різних зовнішніх сигналів по черзі, або одночасно (Рис. 7.).



**Рис. 7.** Логічний елемент АБО: 1 – підведення живлення; 2 – вихід елемента логіки

**Fig. 7.** Logic element OR: 1 – supply; 2 – output element of logic

Логічна функція «АБО» дозволяє оператору керувати роботою пневмоциліндра з пульта керування, так і безпосередньо з місця розташування робочого пристрою.

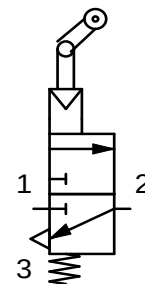
Логічну функцію додавання використовують також в машинах з великою кількістю робочих органів. При цьому технологічний процес почнеться при натисненні на кнопку будь-якого одного з двох керуючих розподільників [7].

За допомогою датчиків контролю положення можна контролювати наявність заготовки на робочій позиції, певні положення поршня або штоку циліндра, тощо.

В пневмоавтоматиці, як правило, для датчиків положення використовують розподільні клапани з механічним керуванням – роликком або штовхачем (Рис. 8.).

Пневмоциліндри є робочими органами стану.

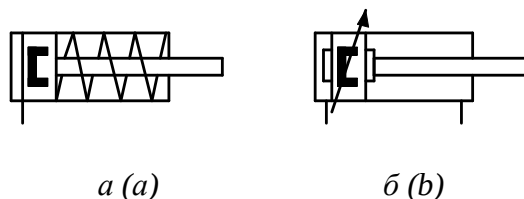
У пневмоциліндрах одnobічної дії тиск повітря діє на поршень тільки в одному напрямку, у інший бік поршень зі штоком пересувається під дією зовнішніх сил або вбудованої зворотної пружини.



**Рис. 8.** Розподільний клапан з механічним керуванням: 1 – підведення живлення; 2 – вихід клапану; 3 – термінатор (для виведення повітря)

**Fig. 8.** Control valve with mechanical control: 1 – power supply; 2 – valve outlet; 3 – terminator (for air outlet)

У пневмоциліндрах двобічної дії пересування поршня зі штоком під дією стисненого повітря відбувається у двох протилежних напрямках, тобто за прямого та зворотного ходів (Рис. 9.).



**Рис 9.** Пневмоциліндри односторонньої дії (a) та двохсторонньої дії (б)

**Fig. 9.** Single-acting pneumatic cylinders (a) and double-acting pneumatic cylinders (b)

### Аналіз роботи реле часу.

Реле часу використовують у випадках, коли необхідно затримати виконання тієї чи іншої команди, або сигналу стану. Принцип роботи реле часу в пневматичній реалізації заснований на поступовому заповненні камери 2 під тиском камери 1 з урахуванням налаштування витрати крізь дросель 1. При цьому, для різних положень дроселя час наповнення камери 2 повітрям до певного рівня тиску буде різним. Як тільки камера наповниться до тиску, що здолає зусилля пружини, розподільний клапан 3/2 3 буде переключено (Рис. 10) [3].

Нормально закрите реле затримки часу складається з 3/2 розподільного клапана з пневматичним керуванням, регульованого

дроселю зі зворотним клапаном та малого ресивера. Коли необхідний тиск буде досягнуто на керуючому з'єднанні, 3/2-х розподільний клапан перемикається і тиск одразу проходить від з'єднання живлення до виходу а. Нормально закриті реле навпаки, при отриманні керуючого сигналу розірве подачу живлення до виходу а (Рис. 10.). Час спрацювання реле задається за допомогою регульованого дроселю зі зворотним клапаном.

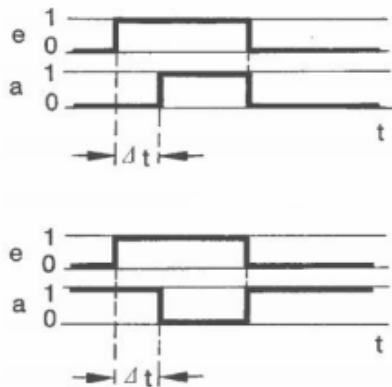


Рис. 10. Нормально закриті та нормально відкриті реле часу з часовими діаграмами роботи

Fig. 10. Normally closed and normally open timer with timing charts

## МЕТА РОБОТИ

Вивчення роботи пневмоциліндрів на пневматичному (мехатронному) стенді з використанням пневматичного реле часу.

## ПОСЛІДОВНІСТЬ ВИКОНАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

При випробуванні на стенді виробництва компанії CAMOZZI було зібране реле часу, де у якості ресивера використовується пневмоциліндр односторонньої дії, що дозволяє додатково його налаштовувати та наочно показати принцип його роботи.

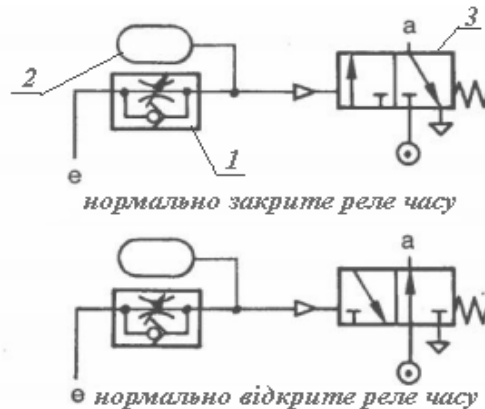
Для опису процесу роботи стенду додатково була використана програма-симулятор FluidSim [10] (пневматичні схеми процесу відтворені на Рис. 11 – 14).

Для симуляції було використано:

– чотири манометри;

- два пневмоциліндри односторонньої дії;
- два розподільники 3/2;
- один регульований дросель зі зворотним клапаном.

Пневмоциліндр (ц1) виконує роль ресивера в системі, проте на відміну від звичайного ресивера, встановлення одностороннього циліндру дає такі переваги, як: можливість встановлення кількох кінцевих вимикачів на його шляху, що дозволяє в пев-



них випадках використовувати одне реле часу замість двох за рахунок того, що шток пневмоциліндра у ролі ресивера (ц1), як ми побачимо далі, висувається раніше ніж шток пневмоциліндра другого (ц2). Також, виникає можливість без використання манометру, доки тиск не набуває значення 0,05 МПа, зафіксувати ступінь відкриття регульованого дроселю зі зворотним клапаном. Це відбувається таким чином: коли тиск є рівним від 0,01 МПа до 0,05 МПа, шток рухається плавно, але повного висування не відбувається. При досягненні граничного значення тиску 0,05 МПа шток пневмоциліндра (ц1) повністю висувається.

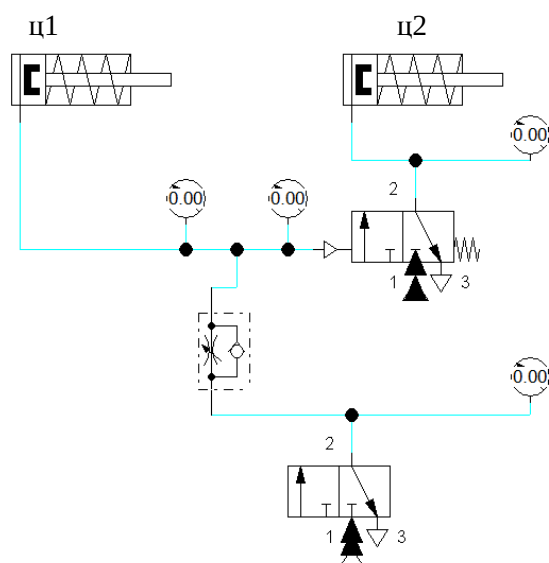
Манометри на виходах розподільників та дроселя дозволяють побачити на схемі тиск в системі протягом всієї роботи.

Розподільник, що розташований перед дроселем в симуляції процесу роботи дозволяє вмикати та вимикати подачу живлення до пневмосистеми.

Моностабільний розподільник, що розташований після дроселя дає вихідний сигнал на реле часу.

Регульований дросель зі зворотним клапаном дозволяє налаштувати реле часу шляхом регулювання витрати повітря від джерела живлення (Рис. 11).

Після подачі живлення в систему, в залежності від стану дроселя пройде певний час  $T_1$  доки в системі не набереться тиск для висування штоку пневмоциліндра (ц1) в потрібне положення (Рис. 12). Саме так подібна схема розширює можливості стандартного реле часу й дозволяє економити на кількості використовуваних елементів схеми, а також повідомляти про певні несправності в роботі. Як було зазначено вище, по досягненню часу  $T_1$ , що передуює часу  $T_2$  після якого буде активовано робочий орган (ц2), шток пневмоциліндра, який виконує роль ресивера (ц1) висунувся в потрібне положення (Рис 13).

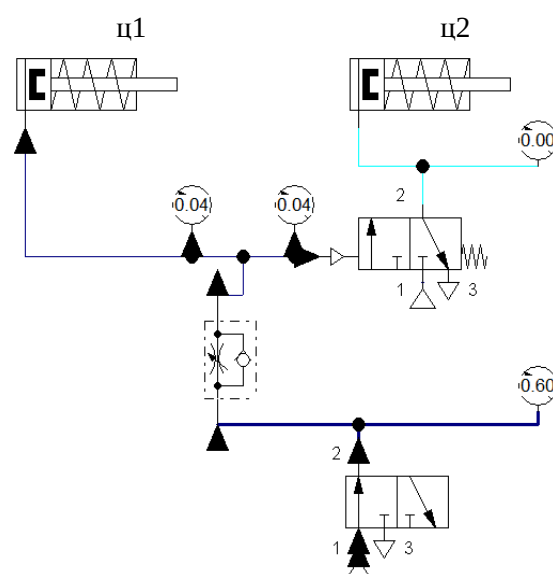


**Рис. 11.** Початковий стан симуляції роботи реле часу

**Fig. 11.** Initial state of the simulation of the relay operation

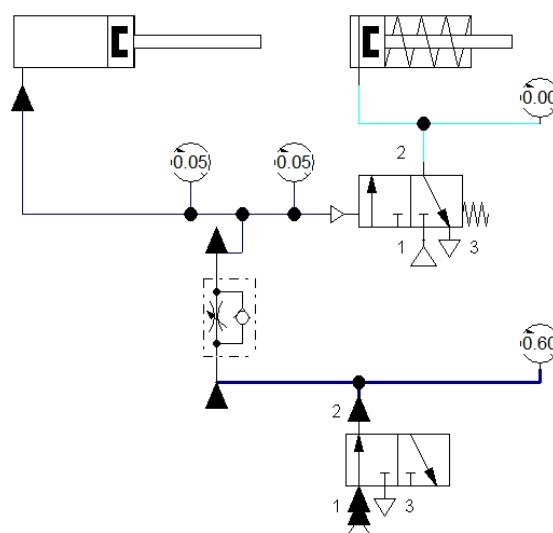
Як в звичайному реле часу, так і в реле часу з ресивером у вигляді одностороннього циліндра (ц1) наявність ресивера обумовлена тим, що таким чином збільшується час, який можна налаштувати дроселем.

Розподільний клапан змінює своє положення при досягненні тиску на керуючому вході 0,2 МПа або більше. Підключивши



**Рис. 12.** Перший етап симуляції

**Fig. 12.** The first stage of the simulation



**Рис. 13.** Другий етап симуляції

**Fig. 13.** The second stage of the simulation

дросель напряму до цього керуючого входу, зазвичай не можна встановити потрібний час із-за великого тиску повітря, яке проходить через дросель, навіть в майже закритому положенні.

Тому, для більш плавного та повільного зростання тиску встановлюється ресивер, на заповнення якого витрачається певна частина тиску, що і дозволяє комфортно регулювати час за допомогою дроселю (Рис. 14).

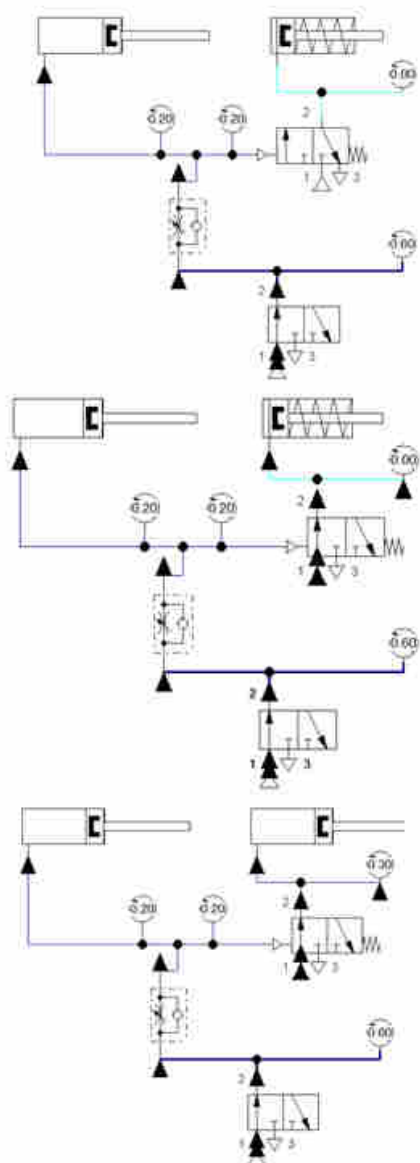


Рис. 14. Третій етап симуляції

Fig. 14. The third stage of the simulation

На кафедрі будівельних машин, використовуючи мехатронний стенд виробництва компанії CAMOZZI, реалізовано пневматичну систему (Рис. 15) за складеною пневматичною схемою (Рис. 16), де у якості виконавчих органів задіяно два пневмоциліндри двосторонньої дії.

Пневматична система працює таким чином. Спочатку до всіх елементів підключається живлення 0,6 МПа від послідовного з'єднання компресорної станції 13 та блоку підготовки повітря 12. При вмиканні кнопки старт 11 клапан моностабільний 3/2 подає керуючий сигнал на вхід бістабільного

розподільника 5/2 3, який в свою чергу керує роботою пневмоциліндра двобічної дії 1. Шток працює на висування, по досягненню кінцевого стану, датчик положення 4 подає живлення до дроселя зі зворотнім клапаном 10 (який вже налаштований на певну величину перерізу).

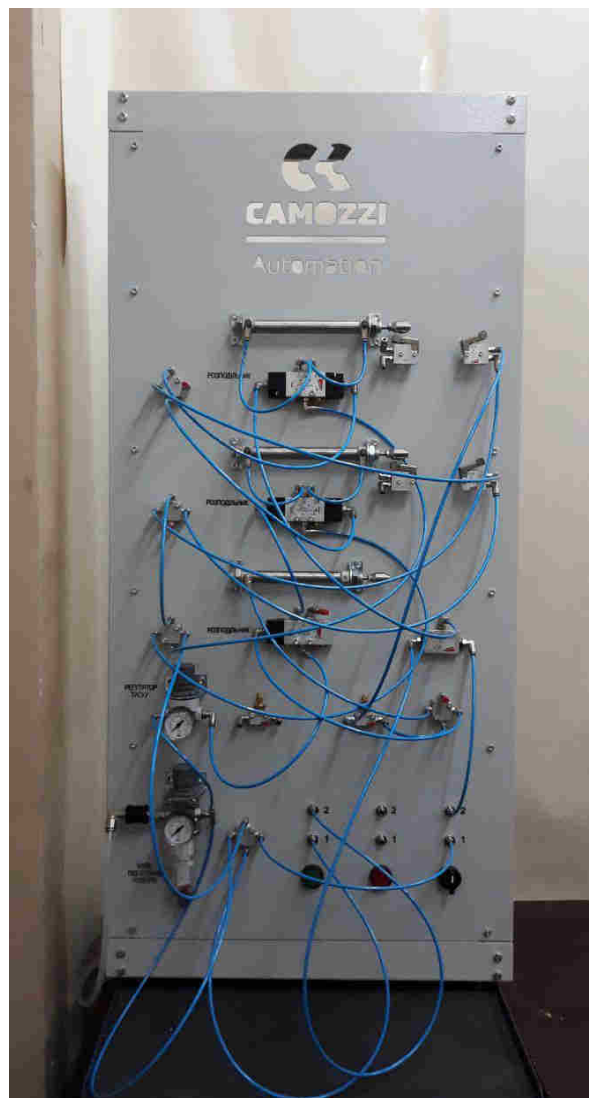


Рис. 15. Реалізація пневматичної схеми за Рис. 16. на стенді компанії CAMOZZI

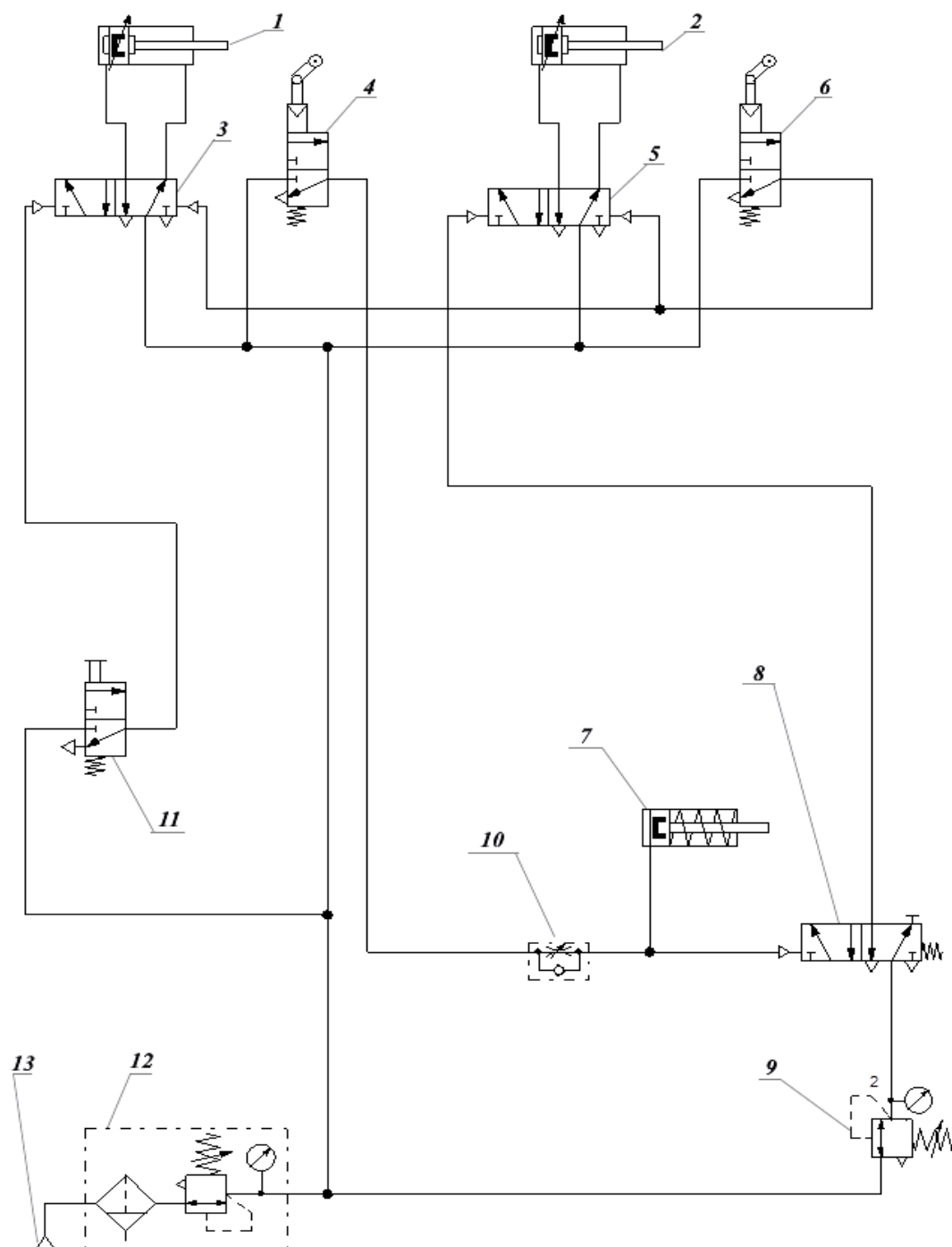
Fig. 15. Implementation of the pneumatic circuit of Fig. 16. at the CAMOZZI booth

В цей момент повітря розподіляється до пневмоциліндра одnobічної дії 7, який виконує роль ресивера та моностабільного розподільника 8. Шток пневмоциліндра одnobічної дії 7 поступово висувається до моменту досягнення кінцевого положення, а саме до значення тиску 0,05 МПа. Коли

тиск зростає до 0,2 МПа, спрацьовує моностабільний розподільник 8, що підключено до реле тиску 9, який змінює тиск живлення цього елемента з 0,6 МПа на 0,3 МПа. Далі керуючий сигнал з розподільника 8 поступає до бістабільного розподільника 5, шток пневмоциліндра 2 працює на ви-

сування. По досягненню кінцевого положення, датчик положення 6 подає керуючий сигнал на втягування штоків пневмоциліндрів 1 і 2.

При роботі станда роль реле часу відігравала система складена з дроселю 10, одностороннього пневмоциліндра 7, моноста-



**Рис. 16.** Пневматична схема підключення елементів системи з двома пневмоциліндрами

**Fig. 16.** Pneumatic diagram of connecting elements of a system with two pneumatic cylinders



більшого розподільника 3/2 8. Отже, було досягнуто затримку в часі між висуванням штоку пневмоциліндра 1 та штоку пневмоциліндра 2.

Всі елементи з'єднано між собою за допомогою гнучких трубопроводів та колекторів (місця де потік повітря змішується).

Відображення описаної вище пневматичної системи за схемою на рис.16. зібрано на стенді компанії CAMOZZI і представлено на Рис. 15.

Для регулювання тривалості роботи можна використовувати реле часу або регульовані дроселі зі зворотними клапанами, що прямо встановлюють на пневолінію подачі або відведення повітря від виконавчих органів пневмосистеми (пневмоцилінрів). Кожен з цих способів має свої сильні та слабкі сторони.

Використання регульованого дроселю зі зворотним клапаном має такі переваги:

- плавний рух робочого органу;
- поступове збільшення сили тиску робочого органу;
- простота інтеграції в інші рішення.

Проте було виявлено наступні недоліки:

- відсутня можливість подати тиск більше ніж на виході з керуючого клапана;
- неможливість швидко змінити стан робочого органу.

За рахунок цих особливостей зрозуміло, чому дросель часто встановлюють на лініях постачання повітря до виконавчих органів на стендах. Якщо дотримання часових рамок непотребне, то для наочності роботи та зменшення зносу інших елементів стенду, таких, як механічні кінцеві вимикачі, доцільно використовувати регульований дросель зі зворотним клапаном.

Також дросель використовується у випадку коли на виробництві потрібен плавний рух робочого органу через особливості технологічного процесу вироблення продукції.

Використання реле часу має такі переваги:

- можливість розділення логічного та виконавчого рівня системи;
- відсутність, часто небажаного, впливу на швидкість роботи органу;
- великий діапазон часу який можна встановити;

- простота регулювання.

Проте було виявлено наступні недоліки:

- збільшення кількості використовуваних елементів;
- потреба в підключенні додаткового живлення до клапану.

Для керування клапанами потрібен тиск 0,2 МПа, що є недостатнім для роботи більшості пневмоциліндрів. Проте, підключивши до стенду тиск достатній для роботи пневмоциліндрів, є ризик, що при неправильному підключенні елементів може постраждати студент. Тому, при роботі з великими тисками розрізняють логічний та виконавчий рівень системи.

Конструкція реле часу (див. Рис. 16) дозволяє нам дослідити обидва способи регулювання часу. Оскільки роль ресивера виконує пневмоциліндр однієї дії, то крім вище зазначених можливостей використання, він також є робочим органом, швидкість спрацювання якого задається дроселем.

Таблиця. 1. Результати випробувань на пневмостенді

| № | Перший циліндр<br>t, с | Односторонній циліндр<br>t, с | Другий циліндр<br>t, с | Кількість обертів золотника на<br>дроселі | Перший циліндр<br>v, м/с | Односторонній циліндр<br>v, м/с | Гранична відстань між кінцевими<br>положеннями |
|---|------------------------|-------------------------------|------------------------|-------------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|------------------------------------------------|
| 1 | 1,69                   | 0,87                          | 1,59                   | 1                                         | 0,550                    | 0,112                           | 0,11<br>м                                      |
| 2 | 1,57                   | 0,59                          | 1,12                   | 2                                         | 0,275                    | 0,110                           |                                                |
| 3 | 1,4                    | 0,2                           | 0,98                   | 3                                         | 0,126                    | 0,069                           |                                                |
| 4 | 1,63                   | 0,63                          | 1,39                   | 0,75                                      | 0,175                    | 0,079                           |                                                |
| 5 | 1,76                   | 1,98                          | 2,44                   | 0,5                                       | 0,056                    | 0,045                           |                                                |
| 6 | 1,76                   | 6,1                           | 4,8                    | 0,25                                      | 0,018                    | 0,023                           |                                                |
| 7 | 1,88                   | 12,3                          | 7                      | 0,1                                       | 0,009                    | 0,016                           |                                                |

Випробування проводилися так: спочатку на дроселі встановлювалася витрата повітря шляхом регулювання золотника, далі фіксувався час за який – шток першого ци-

ліндра займе кінцеве положення, шток одностороннього пневмоциліндра (який виконує роль ресивера в реле часу) займе крайнє положення і час між висуванням штоків пневмоциліндрів 1 і 2. Відстань між початковим та кінцевим положеннями штоків пневмоциліндрів становить 11 сантиметрів.

З отриманих даних можна дізнатись, що:

- Ступінь відкритості прохідного перерізу дроселя прямо пропорційно впливає на витрату повітря при низьких тисках.

- По досягненню кінцевого положення одностороннього пневмоциліндра (шток повністю висунуто) реле все ще «рачує» час.

Враховуючи те, що між висуванням штока одностороннього пневмоциліндра та висуванням штока другого виконавчого циліндра є певний проміжок часу, а також, що односторонній пневмоциліндр для повного висування штока не потребує значення тиску більшого, або рівного тому, що потрібен для подачі команди керування на клапан, то можна стверджувати, що поршнева порожнина одностороннього пневмоциліндра виконує функцію ресивера реле часу.

### Приклад використання пневматичного реле часу для регулювання роботи пневмоциліндрів.

Пневматичні реле часу – популярні промислові компоненти, які використовуються в галузях, де електричний струм вважається руйнівним і небезпечним [8]. У багатьох галузях промисловості щодня використовують нафту, газ та інші легкозаймисті речовини. Одна крихітна електрична іскра може спричинити пожежу. Для того аби попередити подібні випадки, замість електричних компонентів використовуються пристрої, що живляться повітрям та інертними газами, один з таких пристроїв це реле часу.

Приклад системи де використовується пневматичне реле часу, це захисний механізм який вимагає від користувача натискання двох кнопок для вмикання робочого органа (Рис. 17).

Ця система працює таким чином: при

одночасному затисканні кнопок 9 та 10 тиск від компресора 11 поступає до логічного елементу «І» 8, що відмикає команду втягування штоку пневмоциліндра 1 шляхом подачі тиску на командний вхід моностабільного клапана 3/2 6 та подає тиск через нормально відкрите реле часу 3 до командного входу бістабільного розподільника 5/2 2, що приводить до висування штоку пневмоциліндра 1 використовуючи вхід 4. Під час цього процесу, через логічний елемент «АБО» 8 до реле часу 3 надходить сигнал, який після проходження заданого часу закриває реле часу, що вимикає подачу живлення на керуючий вхід бістабільного розподільника 5/2 2. Після відпускання кнопок 9 та 10 моностабільний клапан 3/2 6 повертається в початкове положення, та пропускаючи тиск від компресору 11 до

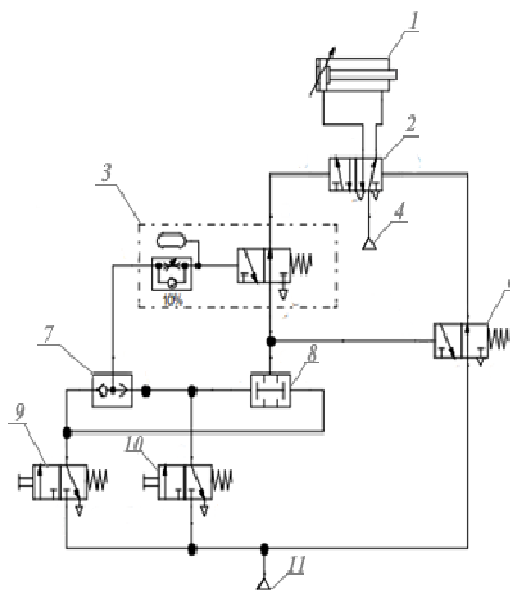


Рис. 17. Схема захисного механізму

Fig. 17. The scheme of the protective mechanism

розподільника 2 який керує втягуванням штока циліндру 1.

### ВИСНОВОК

В статті наведено теоретичні основи роботи пневмоциліндрів та представлений опис таких елементів керування пневматичними системами як: розподільні клапани, дроселі, логічні елементи, реле часу та регулятори тиску. Розглянуто приклади використання ISSN 2312-6590. Mining, constructional, road and melioration machines, 94, 2019, 51-62

цих елементів на мехатронному стенді з використанням у якості виконавчих органів двох пневмоциліндрів двосторонньої (двобічної) дії.

В результаті проведених випробувань, було виявлено, що пневмоциліндр односторонньої дії може замінити ресивер реле часу. Визначено оптимальний діапазон обертання золотника дроселя, який дозволяє встановити параметр затримки часу в пневматичному реле часу при роботі на мехатронному стенді.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. **Попов Д. Н.** Динамика и регулирование гидро- и пневмосистем. М., Машиностроение. – 1989. – 264 с.
2. **Електрогідроавтоматика.** Основной курс. Д. Меркле, К. Рупп, Д. Шольц// Фесто.Э. – 1994. – 202 с.
3. **Електропневмоавтоматика** в производственных процессах: Учеб. Пособие / Е.В. Пашков, Ю.А. Осинский, А.А. Четверкин; Под ред. Пашкова. – 2-е изд., перераб. и доп. – С.: СевНТУ, 2003. – 496 с.
4. **Гідравліка**, гідроприводи та гідро пневмоавтоматика. Навчальний посібник. / Л.Є. Пелевін, С.Ю. Комоцька. – К.: КНУБА, 2011
5. **Мехатроніка:** от структуры системы к алгоритму управления: Учеб. Пособие для студ. спец. «Гидравл. и пневмат. ашины» / А.П. Губарев, О.В. Левченко. – К.:НТУУ «КПИ», 2007. – 180 с.
6. **Мехатронні системи** гідро-пневмоавтоматики : навч. посібник / Л.Є. Пелевін, М. М. Балака, Г.О. Аржаєв. – К.: аграр. Медіа Груп, 2014. – 192 с.
7. **Гідравліка**, гідромашини та гідро пневмоавтоматика: Підручник / Л.Є. Пелевін, Д.О. Міщук, В.П. Рашківський, Є.В. Горбатюк, Г.О. Аржаєв, В.Ф. Красніков; КНУБА, МОНУ. – Київ.: 2015. –340с.
8. **Мехатроніка:** циклічно-модульний підхід до вирішення практичних задач автоматизації : навч. посібник / О. П. Губарев, О. С. Ганпанцурова – К.: НТУУ «КПІ», 2016. – 169 с.
9. **Гідравліка**, гідропривод та гідро- і пневмоавтоматика: конспект лекцій / Л.Є. Пелевін, Є.В. Горбатюк, О.О. Терент'єв, А.Т. Свідерський. – К.: Інтерсервіс, 2018. – 158 с.
10. **Пневматика.** Основной курс TP101 : учебное пособие / П. Кросер, Ф. Эбель. – К.: ДП «Фесто», 2002. – 228 с.
11. **Дискретне** моделювання і розробка вдосконалених режимів керування електромеханічною системою мостового крана / Ю.В. Човнюк, М.Г. Діктерук, С.Ю. Комоцька – ГБДМ: Всеукраїнський збірник наук. Праць – Вип. 88. – К.: КНУБА, 2016.

#### REFERENCES

1. **Popov D. N.** (1989). Dynamica and regulation hydro- and pneumatic systems. Moscow, Machinebuilding, 264.
2. **Mercle D., Rupp K., Shols D.** (1994). Electrohydroautomatic. Foundation course. Festo. E, 202.
3. **Pashkov E.V., Osinsky Y., Chetverkin O.** (2003). Electro-pneumatic automation in production processes: tutorial, 2 revised and revised edition. Sevastopol, SevNTU, 496.
4. **Pelevin L. E., Komotska S. Y.** (2011). Hydraulics, hydraulic drive, hydro- and pneumatic automation. Textbook. Kyiv, KNUCA.
5. **Gubarev O. P., Levchenko O. V.** (2007). Mechatronics: from the structure of the system to the control algorithm: tutorial for students specialty «Hydraulic and pneumatic machines». Kyiv, NTUU «KPI», 180.
6. **Pelevin L. E., Balaca M. N., Arzhaev G.O.** (2014). Mechatronic systems of hydropneumatic automation: Text. Kyiv, AgrarMediaGroup, 192.
7. **Pelevin L. E., Mishchuk D. O., Raskivsky V. P., Gorbatyuk E. V., Arzhaev G. O., Krasnikov V. F.** (2015). Hydraulics, hydraulic machines, hydro- and pneumatic automation: Text, Kyiv, MESU Publ., 340.
8. **Gubarev O. P., Ganpancurova O. S.** (2016). Mechatronics: cyclic-modular approach to solving practical problems of automation: tutorial. Kyiv, NTUU «KPI» Publ., 169.
9. **Pelevin L. E., Gorbatyuk E. V., Terentyev O. O., Svidersky A. T.** (2018). Hydraulics, hydraulic drive, hydro- and pneumatic automation: lecture notes. Kyiv, Interservice Publ., 158.
10. **Croser P., Ebel F.** (2002). Pneumatica. Foundation course. TP101: tutorial. Kyiv, DP «Festo» Publ., 228.
11. **Chovnyc Y. V., Dicteryc M. G., Komotska S. Y.** (2016). Discrete modeling and development fun mode control of the electro-mechanical system of a overhead crane. Girnichi, budivelni dorozhni i meliorativni machine [Minning, construction, road and meliorative machines], No. 88.

## Testing of pneumatic cylinders using time relays

Sitlana Komotska<sup>1</sup>, Maksym Bigun<sup>2</sup>

*Kyiv National University of  
Construction and Architecture*

**Abstract.** Modern Ukraine needs to expand the scope of pneumatic automation systems in mechanical engineering (impact machines, clamping devices and feed of working tools in machines, manipulators, drives of pneumatic jacks, manual mechanized tools) and mechanical engineering (pneumatic shock absorbers, door opening systems).

Both hydraulic and pneumatic actuators have been widely used on hoisting-and-transport, construction, road construction, reclamation machines, and also on technological lines of enterprises that manufacture products of various industries.

This work presents theoretical bases of work of pneumatic actuators and a description, construction and purpose of the existing elements of existing pneumatic system components and pneumatic system controls. Were considered the examples of using these elements on a pneumatic stand manufactured by CAMOZZI and modeled how they work in Fluid Sim. Pneumatic cylinders on training stands are used as executive bodies to implement the tasks when working with pneumatic systems, therefore the study of the interaction of the most common elements of stands, such as timers, throttles, various valves and valves with pneumatic cylinders is an important aspect when working with pneumatic systems and the implementation of the tasks set to automatically regulate the motion of the executive bodies in the pneumatic systems. Has been investigated the influence of the setting of pneumatic system elements for the speed of movement and the order of operation of two double-acting pneumatic cylinders with using a pneumatic timer and position sensors. When the system works the role of the time relay was played by a system consisting of a throttle, one-way pneumatic cylinder and a monostable distributor 3/2. By regulating the throttle it was reached endurance in time between the extension of the pneumatic cylinder 1 and the pneumatic cylinder 2.

On the circuit board of the pneumatic stand (mechatronic stand) the pneumatic system is implemented according to the scheme, where as executive bodies are engaged two double-acting pneumatic cylinders.

It was conducted test of the operation of two double-acting pneumatic cylinders and one single-

acting pneumatic cylinder, which acted as a receiver in the time relay. It have been explored parameters which needs to be considered for efficiently designing pneumatic systems.

**Keywords:** Pneumatic actuator, pneumatic cylinder, stock, pneumatic system, pneumatic circuit, pneumatic stand, (time relay) timer, throttle.