

УДК 681.587.357

**V. Morgounov** (docteur ès sciences, maître de conference,)**Y. Pupysheva** (maîtrise)

Université national technique de Donetsk

**VERS L'ÉLABORATION DU MODÈLE MATHÉMATIQUE DES ENTRAÎNEMENTS PNEUMATIQUES DES MANIPULATEURS AVEC LA CINÉMATIQUE SUCCESSIVE POUR LE TRI DES PRODUITS DE PETITES DIMENSIONS**

*On examine les avantages et les manques de l'application de l'entraînement pneumatique du manipulateur avec la cinématique de serie pour le triage des produits de petites dimensions. On accomplit l'aperçu des principes du compte et on présente le modèle mathématique des actionneurs pneumatique du manipulateur.*

**Mots-clés:** pneumatiques, manipulateur, un modèle mathématique, la gestion automatique.

***Problème et sa relation avec les tâches scientifiques et pratiques.*** Le processus du triage des produits en paquet compact dans les productions modernes ukrainiennes est à la stade initiale de l'automatisation. La tâche du triage des produits dans la plupart des entreprises ukrainiens on résoudre en utilisant le travail manuel. La solution rationnelle de ce problème est l'introduction de robots industriels - l'un des moyens les plus perspectifs de l'automatisation complexe. L'utilisation de robots permet d'augmenter considérablement la productivité, sauver l'homme de la monotonie du travail lourd et dangereux, et de réduire les coûts de production.

En plus de choisir le type de construction de robot industriel une tâche importante pour le constructeur est de sélectionner le dispositif de commande, en garantant un mouvement positionné sur les chaînons du manipulateur. On distingue selon le type d'énergie utilisée les entraînements suivantes: pneumatiques, hydrauliques, électriques et combinées. Le choix du type de l'entraînement est une problème générale du développement et de la construction du manipulateur. Ce choix dépend des facteurs nombreux: du type de la charge, des déplacements nécessaires linéaires et angulaires, de la vitesse et des lois du mouvement de l'organe exécutif (actionneur), du nombre de points et de la précision du positionnement, des conditions d'exploitation de la commande et de l'environnement.

Pour le choix correct de l'entraînement on a besoin d'analyser ses avantages et ses inconvénients pour leur utilisation en type particulier de production. Ainsi que il faut avoir la compréhension de la nature des processus, qui se déroulent dans l'entraînement pneumatique, pour la construction des modèles mathématiques adéquats.

**Analyse des recherches et des publications.** Les chercheurs nombreux nationaux et étrangers sont consacrés au développement de modèles mathématiques des robots et des leurs descriptions. Les méthodes de modélisation mathématique dans les systèmes pneumatiques sont décrits en détail, par exemple, dans l'œuvre de Donskoi A. S. [1]. Revue de l'ensemble des variants d'application des robots industriels est présentée dans le travail [2]. L'analyse de la mécanique des manipulateurs de série et parallèles est présentée dans [3].

Dans les entreprises ukrainiennes qui nécessitent au triage de produits petits dimensionnes en paquets, ce travail se fait manuellement à cause du manque des fonds de capital nesessaires pour l'automatisation. Pour ce type de production est conseillé d'utiliser des manipulateurs de la structure simplifiée, qui ont le coût faible et le retour rapide des investissement, Ce sont des manipulateurs de série de l'entraînement pneumatique et électropneumatique. La simplicité relative de la configuration des commandes pneumatiques et de leur entretien, qui sont entraînés par l'alimentation d'une ligne des machines pneumatiques et des actionneurs (air vicié est évacué directement dans l'atmosphère sans l'aide des lignes de décharge), facilite le processus de la mise en application en production des lignes automatisées.

**L'organisation de la tâche des recherches.** Considérer les avantages et les inconvénients d'application des entraînements pneumatiques aux manipulateur avec une cinématique de série pour le triage des produits des gabarits petits, leur structure, les principes du calcul des paramètres et la creaoon des modèles mathématiques des commandes pneumatiques utilisés dans des manipulateurs de la cinématique de série, à la base desquelles développer la structure du manipulateur industriel pour les conditions concrètes.

**Présentation du matériel et des résultats.** Les actioneurs pneumatiques sont les dispsitifs qui transforment l'énergie du gaz comprimé à l'énergie mécanique du mécanisme de sortie ou le groupe de sortie de la commande développant l'effort jusqu'à 200 N. L'utilisation des vèrins pneumatiques, appelé ausi comme les pneumocylindres, dans les entraînements pneumatiques est conditionné par la simplicité constructive,

par la fiabilité en exploitation et la garantie des efforts de fonction considérables.

Les entraînements pneumatiques, qui appliquent dans les manipulateurs en série pour le triage des produits des dimensions petites, possèdent une série des avantages et les manques.

Les caractéristiques positives sont:

- la simplicité et la fiabilité en exploitation des structures;
- la grande vitesse du groupe de sortie de l'entraînement (au déplacement linéaire jusqu'à 1 m/s, à la rotation jusqu'à 60 tr/s);
- l'utilisation de l'air comprimé comme le corps de transmission étant la source écologiquement propre;
- une haute exactitude du positionnement selon les points définis par les appuis rigides mécaniques;
- la possibilité du travail aux milieux agressifs et les explosibles.

Les caractéristiques négatives de l'entraînement pneumatique sont:

- la puissance de sortie basse;
- l'exactitude du positionnement peu élevée sans les appuis mécaniques;
- une grande quantité des éléments avec les caractéristiques de transmission non linéaires dans le système de gestion, ainsi que dans le moteur pneumatique.

Il y a trois modes de calcul des entraînements pneumatiques:

- le calcul des entraînements pneumatiques, à qui le dynamisme des lignes de transmission et les procès d'onde dans les cavités des dispositifs pneumatiques n'influencent pas pratiquement à leur fonctionnement.
- le calcul des entraînements pneumatiques des volumes petits. Dans tels entraînements pneumatiques le volume des cavités ouvrières est comparable ou est plus petit, que les volumes des conduites connectées à eux. Finalement la ligne exerce l'influence essentielle sur le dynamisme de l'entraînement pneumatique. C'est pourquoi à la rédaction des modèles il faut prendre en considération les procès dans les lignes de transmission.
- Les entraînements pneumatiques complexes (suivants et de position).

*Les modèles mathématiques des actioners pneumatiques.*

Nous acceptons les admissions suivantes, pour description des procès dynamiques de gaz se passant à la cavité du pneumocylindre, les conduites

amenant et conduisant : les procès dynamiques de gaz est examiné comme quasistatiques, passant aux régimes établis des courants; la température et la pression de l'air au maître tuyau est trouvé devant les constantes; les fuites de l'air des cavités du pneumocylindre est négligé; le procès du courant du gaz dans les conduites est trouvé comme l'isothermique; transmission de la chaleur dans les cavités de l'entraînement pneumomandat est négligé.

Quand on calcule des paramètres des entraînements pneumatiques, les caractéristiques d'entrée et de sortie des tuyaux sont pris en compte comme des résistances supplémentaires, et la capacité de tuyaux au cours de calcul est ajouté aux volumes appropriés des cavités de l'entraînement.

Ils ont fait usage de plus hautes, aux manipulateurs avec la commande pneumatique, les actionneurs linéaires et tournantes. On compose les modèle mathématique de ces mécanismes.

*Modèle mathématique de l'entraînement pneumatique linéaire.*

Schéma de calcul de l'entraînement pneumatique linéaire est présentée sur la fig. 1.

Modèle mathématique de l'entraînement pneumatique est le système des équations différentielles décrivant le mouvement du actionneur et la variation de la pression dans ses cavités. Ainsi, le modèle mathématique de la commende pneumatique comprend les équations suivantes:

- l'équation du mouvement de l'organe exécutif (actionneur);
- l'équation de la variation de pression dans la cavité du refoulement;
- l'équation de la variation de pression dans la chambre de l'échappement.

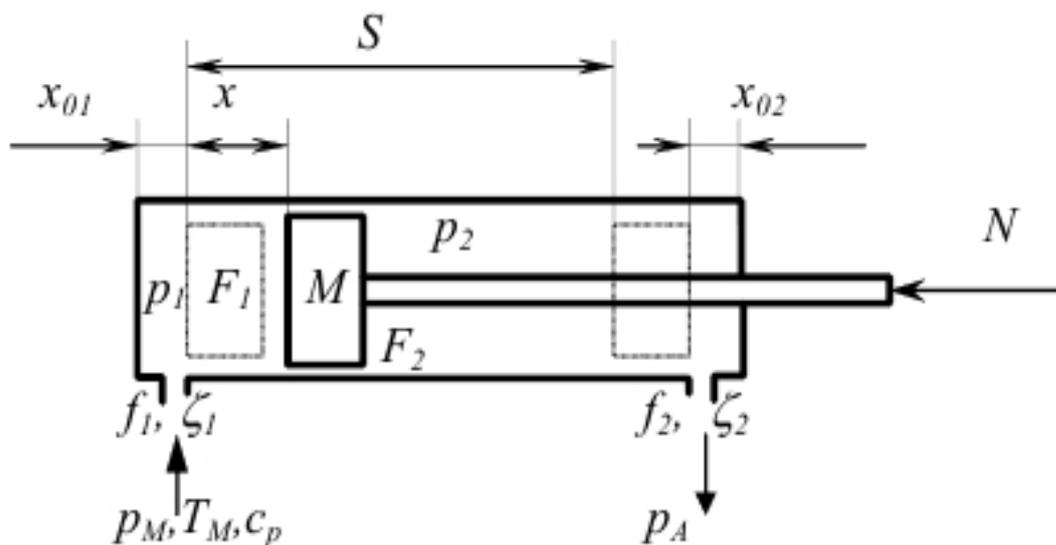


Figure 1- Schéma de calcul de l'entraînement pneumatique linéaire

Modèle mathématique de l'entraînement pneumatique linéaire typique peut être représentée comme:

L'équation du mouvement de l'organ exécutif:

$$M \frac{d^2 x}{dt^2} = p_1 F_1 - p_2 F_2 - p_A (F_1 - F_2) - N.$$

L'équation décrivant le changement de la pression  $P_1$  dans la cavité de refoulement:

$$\frac{dp_1}{dt} = \frac{k f_1 \sqrt{RT_M}}{F_1 (x + x_{01}) \sqrt{\zeta_1}} \sqrt{p_M^2 - p_1^2} - \frac{k p_1}{x + x_{01}} \frac{dx}{dt}.$$

L'équation de le changement de la pression du gaz dans la cavité de sortie:

$$\frac{dp_2}{dt} = - \frac{k f_2 \sqrt{RT_M}}{F_2 (S - x - x_{02}) \sqrt{\zeta_2}} \left( \frac{p_2}{p_1} \right)^{\frac{k-1}{2k}} \sqrt{p_2^2 - p_A^2} + \frac{k p_2}{(S - x - x_{02})} \frac{dx}{dt}.$$

Pour le cas lorsque le cylindre à l'air se trouve dans la position gauche extrême, il faut ajouter une condition pour les équations resultants du modèle mathématique:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{dx}{dt} = x = 0, \text{ si } x \leq 0.$$

Il faut écrire la condition, qui limite la coordonnée  $x$  de l'actionneur de longueur de course  $S$ , pour le cas où le piston atteint à la fin la position gauche extrême:

$$\frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{dx}{dt} = 0 \text{ et } x = S, \text{ si } x \geq S.$$

*Modèle mathématique de l'entraînement pneumatique tournante.*

Schéma du calcul de l'entraînement pneumatique tournante est montré dans la fig. 2.



où  $\alpha$  - coordonnée angulaire de la position du piston.

***Les conclusions et les orientations pour la recherche future.***

Les cycles des productions avec le triage des produits des gabarits petits ont besoin d'automatisation qui peut être atteint grâce à l'introduction de robots manipulateurs. Pour ce type de production est suffisant d'utiliser un manipulateur à deux chaînes de série avec les entraînements pneumatiques linéaires et rotatifs.

L'autre direction future de recherche sera la détermination les paramètres cinématiques et dynamiques du manipulateur pneumatique pour une entreprise donnée et la modélisation du fonctionnement des entraînements pneumatiques en programme FluidSIM avec le but d'affiner les paramètres de construction des éléments du manipulateur.

Liste des sources:

1. Донской А.С. Математическое моделирование процессов в пневматических приводах: учеб. пособие / А.С.Донской. – СПб.: Изд-во Политехн. ун-та, 2009. – 121 с.
2. Hesse S. 99 Examples of Pneumatic Applications . – Festo AG & Co, 2001. – 120 p.
3. Lung-Wen Tsai Robot analysis: the mechanics of serial and parallel manipulators. – New York: Wiley, 1999. – 505 p.

*Стаття надійшла до редакції 14.11.2012*

***В.М. Моргунов, Ю.І. Пушишева. Донецький національний технічний університет***

**До розробки математичної моделі пневмоприводів маніпуляторів з послідовною кінематикою для сортування малогабаритних виробів.**

*Розглянуто переваги та недоліки застосування пневмопривода маніпулятора з послідовною кінематикою для укладання малогабаритних виробів. Виконано аналіз способів розрахунку пневмоприводів, наведена математична модель руху лінійного та обертового виконавчих органів маніпулятора з послідовною кінематикою.*

**Ключові слова:** пневмоциліндр, маніпулятор, математична модель, виконавчий орган, автоматичне керування.

***V. Morgunov, Y. Pupyshcheva. Donetsk National Technical University***

***Development of Mathematical Models of Manipulators Pneumatic Drives with Sequential Kinematics for Sorting Small Wares.***

*The paper reviews advantages and disadvantages of applying a manipulator pneumatic drive with sequential progressive kinematics for packing small-sized products.*

**Keywords:** pneumatic cylinder, manipulator, mathematical model, automatic line.