

МАТЕМАТИЧЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОЧИХ ПРОЦЕСІВ ПНЕВМАТИЧНОГО УДАРНОГО ПРИСТРОЮ

MATHEMATICAL MODELING WORKFLOW PNEUMATIC IMPACT DEVICE

Олександр Манжілевський¹, Ростислав Іскович-Лотоцький¹, Віктор Стасюк², Ярослав Іванчук¹, Андрій Яровий¹

¹Вінницький національний технічний університет

²Луцький національний технічний університет

The original constructive scheme of the pneumatic shock device, which is used in the mining industry, construction, etc., is developed. The mathematical model of the drive for this device is also developed and done its research.

Ударні машини з виконавчими органами із пневматичними приводами широко використовуються в гірничій промисловості, будівництві, машинобудуванні та інших галузях народного господарства України. Це обумовлено їх вагомими перевагами над машинами з виконавчими органами із гідравлічними та електричними приводами, найбільш істотними з яких є: вища надійність у експлуатації в умовах пожежо- та вибухонебезпеки, підвищеної радіації і вібрації, низьких температур та агресивних середовищ; безкоштовність і необмеженість запасу робочого тіла; мала вага на одиницю ударної потужності [1].

Аналіз джерел свідчить, що підвищити експлуатаційну надійність ударних вузлів, збільшити їх довговічність та зменшити енерговитрати можна шляхом використання привода, в якому поєднувалися б переваги клапанного та безклапанного розподілу енергоносія.

На рис. 1 зображена конструктивна схема привода [2, 3], яка відповідає наведеним вище ознакам. Її основна відмінність від відомих полягає в тому, що для впуску енергоносія в робочі камери передбачено два впускні елементи 4 і 5, які спрацьовують незалежно один від одного і пов'язані з ПУ 3 механічним зв'язком. Схема забезпечує безвідмовність запуску і роботи привода при його вертикальному або похилому положеннях за рахунок гарантованого вмикання впускних елементів на завершальних фазах робочого та холостого ходів ПУ.

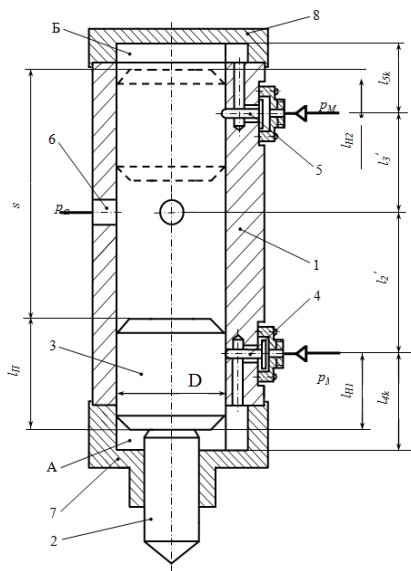


Рисунок 1 – Конструктивна схема пневматичного привода з механічним зв'язком поршня-ударника з впускними елементами

Привод за наведеною на рис. 1 конструктивною схемою має такий принцип дії. Коли ПУ 3 знаходиться в положенні, показаному на рис. 2.2, то впускний елемент 4 відкритий і стиснене повітря (з тиском p_m) із магістралі надходить в камеру холостого ходу (КХХ) А. Під його дією ПУ 3 починає здійснювати холостий хід (ХХ). Після закінчення ходу наповнення (довжиною l_{H1}) впускний елемент 4 закривається, а на ПУ 3 діє сила розширення стисненого повітря. Після закриття впускних отворів 6 камери робочого ходу (КРХ) Б стає замкнутою, а із зменшенням її об'єму зростає сила протидії рухові ПУ 3. З відкриттям впускного елемента 5 вона починає наповнюватись стисненим повітрям із магістралі, що приводить до стрімкого зростання в ній тиску та інтенсивного гальмування ПУ 3. Відкриваються впускні отвори 6, відпрацьоване повітря виходить з КХХ А в атмосферу (тиск в якій p_a), а ПУ 3 зупиняється. Величина тиску стисненого повітря в КРХ Б наближається до тиску в магістралі p_m і під його дією ПУ 3 починає рухатись із зростаючою швидкістю, здійснюючи РХ. Із закінченням ходу

наповнення (I_{H2}) КРХ Б стисненим повітрям із магістралі впускний елемент 5 закривається, а на торець ПУ 3 діє сила розширення стисненого повітря (до моменту відкриття впускних отворів 6).

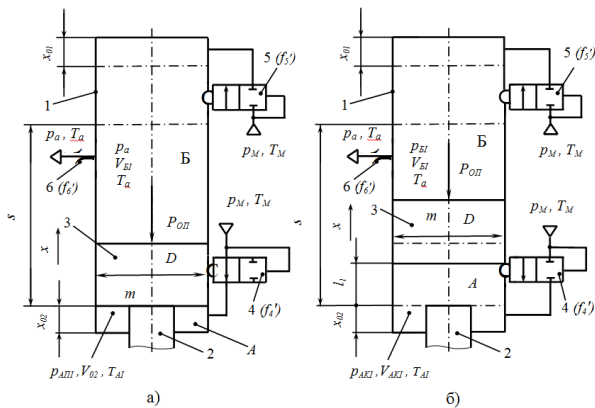


Рисунок 2 – Розрахункова схема пневмопривода для першої фази робочого циклу: а) початкове положення поршня-ударника; б) кінцеве положення поршня-ударника

випускні отвори 6 з'єднана з атмосферою. Під час руху ПУ її об'єм зменшується, що призводить до незначного підвищення в ній тиску від $p_{БП} = p_a$ до $p_{БК}$ (рис. 2). Фаза закінчується припиненням подавання стисненого повітря в камеру А [3].

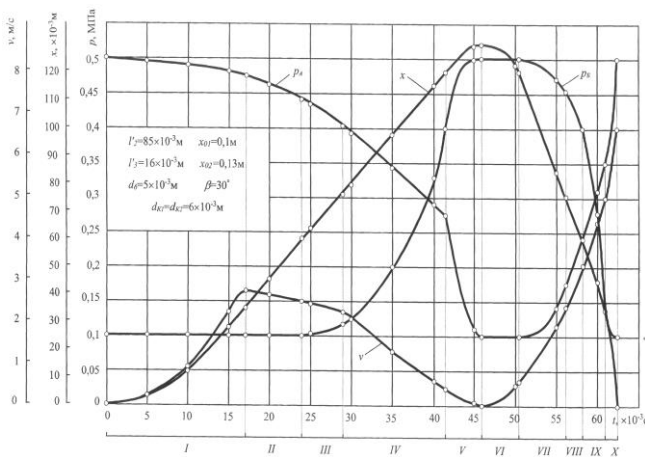


Рисунок 3 – Графіки зміни параметрів p_A , p_B , s , v при виконанні робочого циклу

Перед ударом ПУ 3 по хвостовику робочого інструмента 2 відкривається впускний елемент 4 і стиснене повітря з магістралі починає надходити в КХХ А. Нанесенням удару закінчується РЦ привода.

Для складання комплексної математичної моделі РЦ привода розглядатимемо поділений на два етапи: етап ХХ ПУ і етап його РХ. Етап ХХ триває від моменту удару ПУ по хвостовику робочого інструмента до досягнення ним крайньої точки КРХ, а етап РХ – від зупинки ПУ в крайній точці КРХ до нанесення удару по хвостовику робочого інструмента.

Тиск стисненого в КХХ А змінюється від початкового $p_{АП}$ до кінцевого $p_{АК}$ (рис. 2), при цьому $p_{АК} < p_{АП} = p_m$. КРХ Б через

Початкові умови: $t = 0$; $x = 0$; $\frac{dx}{dt} = 0$.

Гранична умова: $x = l_1$ (за час $t = t_1$).

$$\left. \begin{aligned} m \frac{d^2 x}{dt^2} &= p_{A1} F - p_{B1} F - P_{оп1}; \\ kRT_{A1} dm_{A1} &= kp_{A1} dV_{A1} + V_{A1} dp_{A1}; \\ -kRT_{B1} dm_{B1} &= kp_{B1} dV_{B1} + V_{B1} dp_{B1}. \end{aligned} \right\}$$

За отриманими результатами чисельних досліджень математичної моделі побудовані графіки залежностей технічних показників ударного вузла від конструктивних параметрів його привода, які наведено на рис. 3.

Система диференціальних рівнянь складена з допущенням, що термодинамічні процеси зміни стану повітря в пневмокамерах А і Б, об'єми яких безперервно змінюються на протязі РЦ, наближаються до адиабатного.

Література

1. Іскович–Лотоцький Р. Д. Технологія моделювання оцінки параметрів формоутворення заготовок з порошкових матеріалів на вібропресовому обладнанні з гідроімпульсним приводом : монографія / Р. Д. Іскович-Лотоцький, О. В. Зелінська, Я. В. Іванчук. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 152 с.
2. Стасюк В.М. Дослідження привода пневмоударного вузла з механічним зв'язком поршня та впускних клапанів // Наукові нотатки. (Луцький державний технічний університет). - 2000. - №7. - С. 247 - 254.
3. Булига Ю. В. Математична модель віброустановки із гідроімпульсним приводом для очищення труб великого діаметра / Ю. В. Булига, О. І. Проценко, О. Д. Манжілевський // Промислова гідраліка та пневматика. – 2012. – №2(36). – С. 81–84. – ISSN 1994-4691.