

УДК 621.865.8

В. Савків, канд. тех. наук, доц., Р. Михайлишин, канд. тех. наук, І. Козбур, А.А. Микитишин

Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Україна

АНАЛІЗ ВАНТАЖОПІДІЙМАЛЬНОСТІ СТРУМИННОГО ЕЖЕКЦІЙНОГО ЗАХОПЛЮВАЧА ПРОМИСЛОВОГО РОБОТА ПРИ МАНІПУЛЮВАННІ ОБ'ЄКТАМИ З ОТВОРАМИ

V. Savkiv, Ph.D., Assoc. Prof., R. Mykhailyshyn, Ph.D., I. Kozbur, A.A. Mykytyshyn

ANALYSIS OF THE EJECTION BERNOULLI GRIPPER LIFTING FORCES FOR AN INDUSTRIAL ROBOT WHEN MANIPULATING OBJECTS WITH HOLES

При автоматизації процесів завантаження неміцких, нежорстких, з покриттями та інших легкоушкоджуваних деталей, у якості робочих органів промислових роботів і маніпуляторів найбільш ефективно застосування безконтактних струминних захоплювальних пристроїв (СЗП). В основу конструкції СЗП покладений відомий ефект виникнення аеродинамічної сили, який полягає у взаємодії витікаючого із щілини струменя стиснутого повітря із поверхнею об'єкта маніпулювання (ОМ). Детальний опис конструкції та принципу роботи даного типу струминного захоплювача представлено в роботі [1].

Однією з переваг ежекційних СЗП є можливість маніпулювання пористими та об'єктами з отворами. У даній роботі приведено розрахунок сили безконтактного утримування струминним захоплювачем плоских об'єктів з одним циліндричним отвором.

Для дослідження газодинамічних характеристик потоку повітря в радіальному проміжку між торцями захоплювача та об'єкта (рис. 1) приймемо наступні припущення: отвір у об'єкті – циліндричний, а його вісь співпадає з віссю захоплювача; радіус отвору в об'єкті r_o не перевищує радіусу конічної вставки r_e ; рух потоків повітря в зазорах $h_{цц}$, $h_{рк}$ і $h_{рв}$ приймаються турбулентними, а розподіл швидкостей у будь-якому січненні цих потоків – рівномірним; термодинамічні процеси протікання надзвукових потоків приймаються адіабатичними, дозвукових – ізохоричними; перехід надзвукового потоку в дозвуковий в зоні торця корпусу відбувається на радіусі r_e .

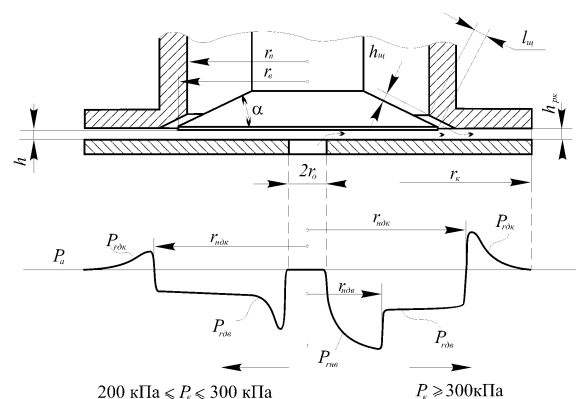


Рис. 1. Схема для розрахунку силових характеристик ежекційного СЗП та розподіл тиску на плоскій поверхні ОМ з циліндричним отвором

При відношенні розмірів $h_{рк}/h_{цц}=2..3$ і $h_{рв}=(0,12..0,25)$ мм, в залежності від абсолютного тиску $P_к$ в камері захоплювача, можливі три поєднання режимів руху повітря на виході із кільцевої щілини та на вході атмосферного повітря у радіальний

проміжок h_{pm} : докритичні режими у щілині та в проміжку h_{pv} , що має місце при $P_k \leq (0,17 \dots 0,2)$ МПа; надкритичний режим у щілині та докритичний режим на вході в проміжок h_{pv} , що має місце при $P_k \geq (0,17 \dots 0,2)$ МПа, $P_m \approx (0,075 \dots 0,1)$ МПа; надкритичні режими у проміжках h_{uc} і h_{pv} наступають при $P_m < 0,075$ МПа.

В загальному випадку сила притягування захоплювачем об'єкта представиться у вигляді

$$F = F_n + F_\delta + F_2,$$

де F_n , F_δ – відповідно сили викликані розрідженням в надзвуковій і дозвуковій зонах на торці вставки (рис. 1); F_2 – сила викликана розрідженням в дозвуковій зоні на торці корпусу.

Силу F_n знаходять інтегруванням функції розподілу тиску $P_{r_{ndv}}$, аналогічно методиці викладеній в [2-3]

$$F_n = \pi(1 - K_2)P_a(r_{ndv}^2 - r_o^2) - 4K_1 \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{k}{k-1}} P_a r_o^2 (a(b-1) + (1-a)\ln b + \dots);$$

$$+ \frac{a^3}{6} \left(1 - \frac{1}{b} \right) + \frac{a^2(1-a)}{4} \left(1 - \frac{1}{b^2} \right) + \frac{a(1-a)^2}{6} \left(1 - \frac{1}{b^3} \right) + \frac{(1-a)^3}{24} \left(1 - \frac{1}{b^4} \right)$$

де r_{ndv} – радіус переходу надзвукового потоку в дозвуковий в області торця конічної вставки; $a = \lambda_{cp1} r_o / (2h_{pv})$, $b = r_{ndv} / r_o$ – коефіцієнти;

Складові F_δ , F_2 можна отримати також використовуючи методику приведену в [2-3]

$$F_\delta = \pi(r_\delta^2 - r_{ndv}^2)(P_a - P_m) + \frac{\pi^2 k \left(\frac{2}{k+1} \right)^{\frac{2}{k-1}} r_o^2 P_a^2}{8\pi P_m r_\delta^2} \left(2r_\delta^2 \ln \frac{r_\delta}{r_{ndv}} + r_{ndv}^2 - r_\delta^2 - \frac{\lambda_{cp1}}{2h_{pm}} (r_\delta (r_\delta - r_{ndv})^2) \right);$$

$$F_2 = \frac{(G + G_{uc})^2}{8\pi P_a h_{pk}^2 r_\delta^2} \left(2r_\delta^2 \ln \frac{r_\delta}{r_\kappa} + r_\delta^2 - r_\kappa^2 - \frac{\lambda_{cp2}}{2h_{pk}} (r_\delta (r_\delta - r_\kappa)^2) \right),$$

де G_{uc} , G – масові витрати повітря витікаючого із камери та повітря, що підсмоктується з атмосфери, які розраховують за формулами Сен-Венана-Ванцеля [4]; λ_{cp1} , λ_{cp2} – середні значення коефіцієнтів в'язкого тертя відповідно в зоні конічної вставки та корпусу.

Користуючись методикою приведену в [1] знайдемо рівняння для наближеного розрахунку величини абсолютного тиску P_m

$$G_{uc} V_{uc} + \frac{G^2 R T_a}{2\pi P_m r_\delta h_{pv}} + \frac{(G_{uc} + G)^2}{4\pi P_a h_{pk} r_\kappa} \left[\frac{r_\delta}{r_\kappa} + \frac{r_\kappa}{r_\delta} + \frac{\lambda_{cp2}}{2h_{pk}} (r_\delta - r_\kappa) \right] - 2\pi h_{pk} r_\delta (P_a - P_m) = 0.$$

Література

1. Проць Я.И., Савкив В.Б. Газодинамический анализ струйных захватов плоских заготовок // Оптимизация производственных процессов. Вып. 1. – Севастополь: Издательство СевГТУ. – 1999. – С. 63-68.
2. Savkiv V., Mykhailyshyn R., Duchon F., Gasdynamic analysis of the Bernoulli grippers interaction with the surface of flat objects with displacement of the center of mass / V. Savkiv, R. Mykhailyshyn, F. Duchon // Vacuum. – 2019. – № 159. – P. 524-533.
3. Mykhailyshyn R., Savkiv V., Duchon F., Maruschak P., Prentkovskis O., Substantiation of Bernoulli Grippers Parameters at Non-Contact Transportation of Objects with a Displaced Center of Mass / R. Mykhailyshyn, V. Savkiv, F. Duchon, P. Maruschak, O. Prentkovskis // Transport Means - Proceedings of the International Conference. – 2018. – P. 1370 – 1375.
4. Абрамович Г.Н. Прикладная газовая динамика. -М.: Наука, 1976.- 888с.