

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]

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

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

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

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

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.