

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКОЙ ПОДЪЕМНОЙ СИЛЫ НА СТАТИЧЕСКИЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕДОХРАНИТЕЛЬНОГО КЛАПАНА

Исаев С.Ю., Стадник Д.М., Иголкин А.А.

Самарский университет, г. Самара, m555444m@gmail.com

Ключевые слова: коэффициент подъемной силы тарели клапана, предохранительный клапан.

Предохранительный клапан – устройство, поддерживающее заданное значение давления в расположенной до него пневмогидравлической системе. Данный агрегат состоит из трех основных частей: седло, тарель, пружина (рис.1). Принцип работы заключается в изменении проходного сечения путем перемещения тарели на высоту h под воздействием потока рабочей среды и пружины.

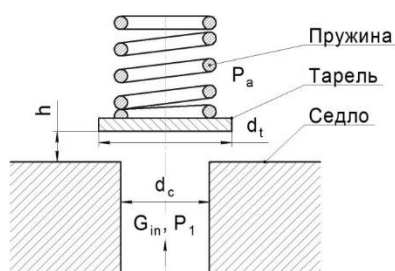


Рис. 1 – Предохранительный клапан

Движение тарели клапана описывается следующим уравнением:

$$m \cdot \frac{d^2 h}{dt^2} + \xi \cdot \frac{dh}{dt} + C_{np} \cdot h + F_1 - F_{\Sigma} = 0, \quad (1)$$

где $F_{\Sigma} = \left(P_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_c^2}{4} \right) \cdot \varphi$ – действие потока рабочей среды на тарель, Н; m – масса тарели, кг;

h – высота подъема тарели, м; ξ – коэффициент демпфирования; P_1 – избыточное давление в пневмогидравлической системе, Па; P_a – давление окружающей среды, Па; d_c – диаметр сечения по седлу клапана, м; d_t – диаметр тарели, м; φ – коэффициент подъемной силы для учета гидродинамического воздействия потока рабочей среды на тарель; F_1 – сила предварительной затяжки пружины, Н.

Гидродинамическое действие потока на тарель сложно описывается в виде математической формулы, поэтому обычно определяется экспериментально, как это было описано в работах [1, 2]. Однако современные вычислительные возможности позволяют проводить виртуальные эксперименты, используя CFD-методы.

В данной работе сила действия потока на тарель в зависимости от высоты подъема рассчитывалась с использованием ПО Ansys Fluent. Задача решалась в двухмерной осесимметричной постановке, на входе и выходе в качестве граничных условий было задано давление.

На основе полученной зависимости, используя формулу (2), были вычислены коэффициенты подъемной силы для разных высот подъема тарели:

$$\varphi = \frac{F_{\Sigma}}{F_{\Sigma cm}} \quad (2)$$

где $F_{\Sigma cm} = P_1 \cdot \frac{\pi \cdot d_c^2}{4}$ – расчетная сила действия потока рабочей среды на тарель, Н.

Зная действительное значение силы действия потока рабочей среды на тарель и характеристику пружины клапана, можно построить их зависимость относительно высоты подъема тарели относительно расчетного значения силы действия потока на тарель (рис. 2, а).

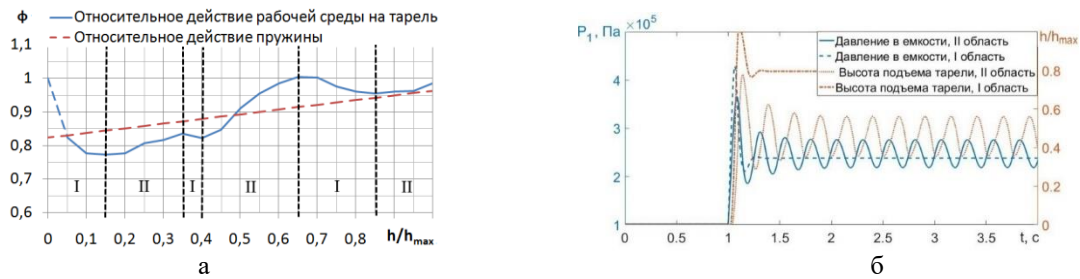


Рис. 2 – Статические (а) и динамические (б) характеристики клапана

Из анализа графика (рис. 2, а) следует, что кривая коэффициента подъемной силы является немонотонной функцией. Если в каждой точке кривой провести касательную, то можно выявить участки, в которых угол ее наклона будет превышать угол наклона силы пружины. На таких участках все точки равновесия являются неустойчивыми (область II). На режимах, соответствующих точкам неустойчивого равновесия, наблюдаются незатухающие колебания параметров системы (рис. 2, б). При этом устойчивые режимы соответствуют областям I, в которых угол наклона касательной, проводимой в точках кривой подъемной силы, не превышает угла наклона силы упругости.

Результаты исследований могут быть использованы при проектировании систем автоматического регулирования с предохранительными клапанами с целью сокращения объемов испытаний.

Список литературы

1. Кондратьева Т.Ф. Предохранительные клапаны. 2-е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1976. 230 с.
2. Бугаенко В.Ф. Пневмоавтоматика ракетно-космических систем / Под общ. ред. В.С. Будника. М.: Машиностроение, 1979. 168 с.

Сведения об авторах

Исаев Сергей Юрьевич, аспирант, кафедра автоматических систем энергетических установок, Самарский университет. Область научных интересов: физика, прикладные инженерные задачи.

Стадник Дмитрий Михайлович, канд. техн. наук, кафедра автоматических систем энергетических установок, Самарский университет. Область научных интересов: физика, математика, прикладные инженерные задачи.

Иголкин Александр Алексеевич, д-р техн. наук, профессор, кафедра автоматических систем энергетических установок, Самарский университет. Область научных интересов: физика, математика, прикладные инженерные задачи.

STUDY OF THE EFFECT OF AERODYNAMIC LIFTING FORCE ON STATIC AND DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE RELIEF VALVE

Isaev S.Y., Stadnik D.M., Igolkin A.A.

Samara University, Samara, Russia, m555444m@gmail.com

Keywords: lift coefficient of the valve disc, safety valve.

In this work, the aerodynamic force acting on the valve disc was calculated using the Ansys Fluent software, the data obtained were subsequently used to research of static and dynamic characteristics of the relief valve.