



УДК 621.52.001.5

Н.К. Шарыгина, к.ф.-м.н, доцент, ФГБОУ ВО “ВГУВТ”
603950, Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5.

ПРЕДЕЛЬНЫЕ СЛУЧАИ СМЕЩЕНИЯ ШАРОВОГО РОТОРА

Ключевые слова: ротор, полость, разреженный газ, силы, моменты торможения.

В докладе рассматривается определение воздействия остаточного газа на шаровой ротор в шаровой полости при различных положениях ротора.

Для задач, связанных с вращающимися в полостях с разреженным газом роторами, важным является знание воздействий газа при смещениях ротора и статора.

Воздействие газа на ротор – это силы, моменты, передаваемая энергия и т.п. Все эти воздействия определяются величинами, характеризующими движение ротора и молекул: скорости прилета на полости ротора и полости и отлета с них, и, соответственно, точки соударения с этими поверхностями.

Так, при столкновении с ротором молекула передает ему импульс, равный $\bar{q}_1 = m\Delta\bar{v}$. Здесь m_0 – масса молекулы, $\Delta\bar{v}$ – разность скоростей прилета на поверхность ротора и отлета с него. Таким образом, q_1 является функцией случайных величин: v_R, v_r – скоростей и τ_R, τ_r – направлений движения молекулы, а также x_0, y_0 – координат соударения молекулы с соответствующими поверхностями.

Тогда нетрудно вычислить среднее значение импульса, который передает молекула ротору за одно соударение с ним:

$$\langle q_1 \rangle = \int_D m\Delta\bar{v} p_R p_r p_0 dv_R d\tau_R dv_r d\tau_r dx_0 dy_0.$$

Область интегрирования D – область по всем возможным значениям переменных $v_R, \tau_R, v_r, \tau_r, x_0, y_0$.

Равнодействующая сил \bar{F} , момент импульса \bar{M} и передаваемая ротору энергия E равны, соответственно: $\bar{F} = \langle \bar{q}_1 \rangle \frac{N}{T}$, $\bar{M} = \langle m[\bar{r}\Delta v] \rangle \frac{N}{T}$, $E = \langle m(v_r^2 - v_R^2) \rangle \frac{N}{T}$. Здесь N – число молекул в полости, T – среднее время движения молекулы в полости до соударения её с ротором.

В рассматриваемом случае шаровой ротора радиуса r вращается в шаровой полости радиуса R . Центры шаровых поверхностей могут совпадать, а могут быть и смещены. Смещение возможно в любом направлении. Но, введя новую систему координат, можно брать смещение вдоль какой-то определенной оси координат.

Расчет такой вакуумной системы позволяет сделать некоторые выводы:

- Если шаровые поверхности концентрические и радиусы ротора и полости мало отличаются друг от друга, т.е. отношение R/r близко к единице, то практически нет перелетов молекул со статора на статор. Движение молекул происходит как бы

между двумя параллельными бесконечными плоскостями с расстоянием между ними $R - r$. Момент торможения обозначим через M^* .

- Увеличение радиуса R статора при постоянном радиусе r ротора приводит к резкому возрастанию момента торможения. Затем он начинает медленно убывать, приближаясь к M^* . Это объясняется тем, что с ростом радиуса полости R появляется возможность перелетов молекул со статора на статор, но это дополнительное время еще существенно меньше увеличения времени перелетов молекул с ротора на статор за счет искривления поверхностей.
- Для относительно небольших смещений ротора в полости зависимости сил и моментов мало отличаются от линейных.
- При смещении статора вдоль оси вращения ротора появляющиеся газовые силы стремятся увеличить это отклонение, в то время как момент торможения практически не изменяется. Этот эффект неустойчивого положения ротора в центре полости можно объяснить тем, что концентрация газа меньше с той стороны, где меньше зазор между поверхностями ротора и статора.
- При смещении статора вдоль оси, перпендикулярной оси вращения ротора, газовые силы стремятся уменьшить величину отклонения.

Список литературы:

- [1]. Неймарк Ю.И. Шарыгина Н.К. Расчет дифференциальных эффектов действия разреженного газа на ротор. Вакуумная наука и технология. Т.5, №1/2, 1995, с.41–45.
- [2]. Шарыгина Н.К. Итерационный метод определения воздействия остаточного газа на движущиеся тела. Математическое моделирование и оптимальное управление. Вестник ННГУ. Вып.1(27). 2004г. С.142–151.
- [3]. К задаче определения воздействия газа на шаровой ротор. Труды 7 Всероссийской научной конференции «Нелинейные механические колебания» Н.Новгород, 2005. с.405.
- [4]. Шарыгина Н.К. Моделирование движения тела в разреженном газе. Материалы Международной научно-практической конференции «48-е Евсевьевские чтения». МорГПИ. Саранск. 2012. С.63-64.
- [5]. Среднее число соударений молекулы со статором до попадания на ротор. Вестник ВГУВТ, Вып.35. 2015.