

# СТАТИЧЕСКИЙ И ДИНАМИЧЕСКИЙ РАСЧЁТ УПЛОТНЕНИЙ С ПЛАВАЮЩИМИ КОЛЬЦАМИ

Деревянко И.М. ,студентка, СумГУ, г. Сумы

Уплотнения с плавающим кольцом представляет собой комбинацию кольцевого дросселя (бесконтактное щелевое уплотнение) и торцового контакта выполняющего роль механического уплотнения.

Поведения плавающих колец определяется соотношением сил в кольцевом и торцовом дросселях. Характеристики торцового дросселя могут изменяться в зависимости от контактного давления  $p_c$ . Если контактное давление не превышает давления уплотняемой среды ( $p_c \leq p_1$ ), то на торцовой поверхности обеспечивается жидкостный режим трения (рисунок, а). В противном случае режим трения становится граничным и может приближаться к режиму сухого трения (рисунок, б). В этом случае, если выполняется самоцентрировки, колебания кольца становится нелинейными. Третий вариант – условие самоцентрировки не выполняется, кольцо теряет радиальную подвижность, и возможны лишь угловые колебания (рисунок, с), когда суммарный уровень, действующий на кольца, раскрывает торцовый стык. Наконец, крайний случай, когда системы сил и моментов, действующих на кольцо, уравновешены, кольцо при отсутствии соударений с валом неподвижно.

На рисунке обозначено:  $k_1$ - коэффициент изгибной жёсткости вала;  $k_2, c_2$ - коэффициенты радиальной гидростатической жёсткости и демпфирования щелевого уплотнения;  $q_2$ - коэффициент циркуляционной силы, т.е. составляющей радиальной гидродинамической силы, направленной перпендикулярно эксцентриситету  $e$ ;  $k_3, c_3$  – коэффициенты угловой жёсткости и демпфирования в торцовом зазоре.

Последний вариант условий работы (условно подвижное кольцо) является наиболее простым и надёжным. Плавающее кольцо работает как неподвижное щелевое уплотнение, а гидродинамические силы, возникающие в кольцевом зазоре, целиком передаются ротор, предопределяя его вибрационное состояние. Проблемы динамики, имеющие первостепенное значение для плавающих колец, сами по себе отпадают. Правильным выбором формы зазора можно увеличить коэффициенты гидростатической жёсткости  $k_2$  и демпфирования  $c_2$  и, тем самым, уменьшить амплитуды поперечных колебаний ротора. Таким образом, уплотнения с условно подвижными кольцами позволяют, при определённых условиях, исключить соударения вала и кольца даже при малых (меньше 0,1 мм) зазорах между ними.

Радиальные и угловые смещения кольца могут возникать под действием радиальных гидродинамической силы  $F_x$  и момента  $M_x$  в кольцевом зазоре, а также под действием силы тяжести и её момента относительно точки возможного поворота  $\alpha$ .

Гидродинамическую силу и её момент нужно вычислять для максимально допустимых значений эксцентриситета  $e_* \approx (0,7-0,8)H$ , и угла перекося  $0,5 \ln_{x*} \approx 0,7(H-e_*)$ , при которых ещё можно гарантировать бесконтактную работу уплотнения.

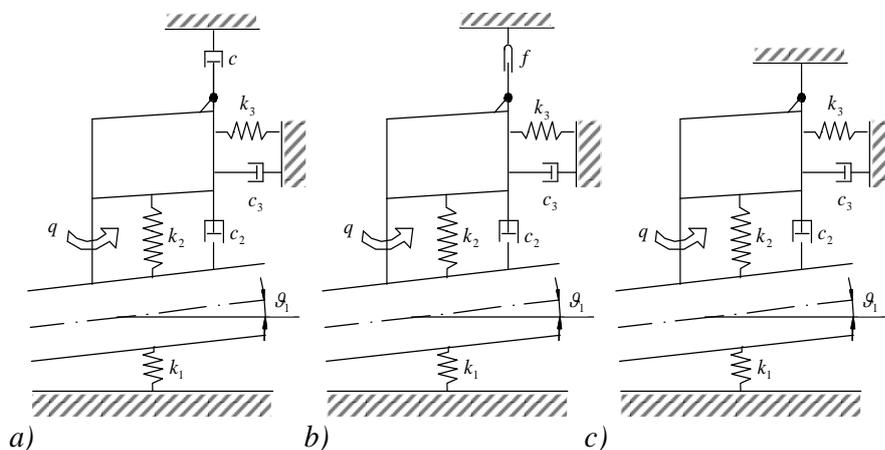


Рисунок - Варианты условий работы плавающего кольца

В рассматриваемом положении равновесия сохраняются лишь гидростатическая сила и момент.

$$F_y = F_{py2} = k_p \left[ (\theta_0 + N\chi_m) \varepsilon + (1 + 2\Delta\chi) \theta_x \right]$$

$$M_x = M_{px2} = k_p \frac{l}{6} (N\Delta\chi \varepsilon + 2\chi_m \theta_x)$$

Используя выражения сил и момента запишем условие неподвижности уплотнительного кольца:

$$k + \frac{p_2}{\Delta p} \geq \frac{1}{f\Delta p A_c} \left\{ k_p \left[ (\theta_0 + N\chi_m) \varepsilon + (1 + 2\Delta\chi) \theta_x \right] + mg \right\}$$

Кратковременные соударения кольца с валом возможны в период пуска, если кольцо свободно лежит на валу. Поэтому цилиндрические контактные поверхности вала и кольца должны быть стойкими против задиrow.

*Работа выполнена под руководством профессора Марцинковского В.А.*