

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ ТА АЛГОРИТМИ



Математическая модель протечек щелочного раствора поступающего из котла через коническую трибосистему

Г. И. КАМЕЛЬ, В. В. ПЕРЕМИТЬКО, К. Н. АЛЕКСЕЕНКО

Днепродзержинский государственный технический университет

Разработана математическая модель протечек щелочного раствора через коническую трибосистему.

Розроблена математична модель протічок лужного розчину через конічну трибосистему.

The mathematical model and the structural scheme of the watching system of the chip's level control in the boiler were elaborated.

Введение. По аналогии с гидравлическими подшипниками роторные питатели высокого давления типа Камюр являются запорными устройствами, отделяющими область высокого давления 1.3 МПа варочного котла от области низкого давления питательной трубы 0.13 МПа.

Анализ публикаций. Между вращающимися ротором и корпусом под избыточным давлением котла неизбежны протечки щелочного раствора из варочного котла в питательную трубу между зазорами вращающегося ротора и рубашки корпуса, что является фактором, вызывающим гидроабразивным износом. Уровень щелочного раствора в питательной трубе должен быть строго постоянным. Превышение уровня приводит к выбросу щелочного раствора в загрузочное устройство и к прекращению загрузки щепы, а снижение уровня щелочного раствора - к появлению вибрации и гидроударов, которые могут вывести питатель из строя [1-4]. Для того, чтобы управлять уровнем щелочного раствора в питательной трубе, необходимо определить факторы, оказывающие влияние на поступление его в питательную трубу.

Цель исследований. Целью исследования является создание математической следящей протечек щелой изобласти высокого давления варочного котла через коническую трибосистему, состоящую из конического корпуса и вращающегося конического ротора.

Изложение основных результатов. Вопросы, связанные с определением протечек щелочного раствора через зазоры, размеры которых в процессе эксплуатации переменны во времени, недостаточно освещены в технической литературе. В табл. 1 приведены обозначения, размерности и величина параметров, использованных в работе.

Для описания факторов, влияющих на протечки щелочного раствора из питателя, воспользуемся дифференциальным уравнением, с помощью которого описывается одномерное течение вязкой жидкости /3, 4/:

$$\frac{du}{dt} = \frac{d^2u}{dy^2} - \frac{1}{\rho} \frac{dP}{dx} \quad (1)$$

где u – скорость жидкости в зазоре;

ρ – плотность щелочного раствора; P – давление щелочного раствора.

Пренебрегая силами инерции ввиду их малости, и принимая течение щелочного раствора за одномерное, напишем уравнение (1) в упрощенном виде:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{d^2u}{dy^2} \quad \text{или} \quad \frac{dP}{dx} = \frac{d^2u}{dy^2} \quad (2)$$

Величина зазора между ротором и корпусом всегда отличны от нуля и равна G_0 . Выбирая подвижную систему координат (ось y пересекается с осевой линией ротора и вращается относительно её, а ось x расположена по касательной к рабочей поверхности ротора), проинтегрируем уравнение (2) при граничных условиях:

$$\text{при } y = 0; \quad u = \omega_p d/2;$$

$$\text{при } y = \delta_0; \quad u = 0.$$

Перед интегрированием заметим, что уравнение (2) может иметь место только в том случае, если левая часть его равна одной постоянной величине, так как между функциями, зависящими от различных, переменных, равенства быть не может:

$$\frac{dP}{dx} = - \frac{P_{VII} - P_I}{l_{VII}} = \text{const} \quad (3)$$

Принимая во внимание выражение (3), дифференциальное уравнение (2) можно записать в виде:

$$\frac{d^2u}{dy^2} = -\frac{P_{VII} - P_I}{l_{VII}} \quad (4)$$

Интегрируя уравнение (4) дважды, получим:

$$u = -\frac{P_{VII} - P_I}{2\omega l_{VII}} y^2 + C_1 y + C_2 \quad (5)$$

Таблица 1. Приведены обозначения, размерности и величина параметров, использованных в работе

Параметры	Обозначения	Размерность	Величина
Давление в варочном котле	$P_{III}=P_{VII}$	МПа	1.3
Давление в питательной трубе	$P_I=P_V$	МПа	0.15
Время	τ	С	
Угол поворота ротора	α	град.	
Угловая частота ротора	ω	мин.	5...7
Кинематический коэффициент вязкости при 100°C	ν	М/С	0.28·10
Температура щелочного раствора	t°	град	120
Плотность щелочного раствора	ρ	кг/м ³	1100
Расход щелочного раствора	Q	л/с	2...12
Скорость протечек	u	м/с	1...14
Величина зазора в питателе	δ_0	МКМ	150
Длина зазора на участках	$l_{II}, l_{IV}, l_{VI}, l_{VIII}$	мм	70...400
Длина окна камер ротора	L_1	м	0.84
Длина рабочей поверхности ротора между окнами	L_1, L_3	м	
Длина окна кармана ротора по диаметру	L_2, L_4	м	

Определив постоянные интегрирования из граничных:

$$y=0; \quad C_2=V_0=\omega d/2$$

$$C_1 = \frac{l_{VIII} - P_I}{2\mu l_{VII}} \delta_0 - \frac{\omega d}{2\delta_0}$$

условий и, подставив значения C_1 и C_2 в формулу (5), получим закон изменения скорости протечек щелочного раствора в зазоре:

$$u = \frac{P_{VII} - P_I}{2\mu l_{VII}} y(\delta_0 - y) + \frac{\omega d}{2} \left(1 - \frac{y}{\delta_0}\right) \quad (6)$$

Расход щелочного раствора через элементарный сегмент толщиной dy , шириной L и длиной l_{VII} :

$$dQ = uLdy = \frac{P_{VII} - P_I}{12\mu l_{VII}} y(\delta_0 - y) + \frac{\omega d}{2} \left(1 - \frac{y}{\delta_0}\right) ldy \quad (7)$$

Интегрируя уравнение (5.65), получим расход

протечек щелочного раствора через зазор на участке VIII корпуса:

$$Q_{VIII} = \int_0^{\delta} dQ_{VIII} = \left(\frac{P_{VIII} - P_I}{12\mu l_{VIII}} \delta_0^3 + \frac{\omega d \delta_0}{2} \right) L \quad (8)$$

Или

$$Q_{VIII} = \frac{(P_{VIII} - P_I)L}{15\mu l_{VIII}} \delta_0^3 + \frac{\omega d L \delta_0}{2} \quad (9)$$

Аналогично определяются протечки щелочного раствора и на участках II, IV, VI корпуса:

$$Q_{II} = \frac{(P_{III} - P_I)L}{12\mu l_{II}} \delta_0^3 + \frac{\omega d L \delta_0}{2} \quad (10)$$

$$Q_{IV} = \frac{(P_{III} - P_V)L}{12\mu l_{IV}} \delta_0^3 + \frac{\omega d L \delta_0}{2} \quad (11)$$

$$Q_{VI} = \frac{(P_{VII} - P_V)L}{12\mu l_{VI}} \delta_0^3 + \frac{\omega d L \delta_0}{2} \quad (12)$$

Допускаем, что протечки щелочного раствора через все восемь участков корпуса равномерно, тогда общий расход щелочного раствора из питателя можно определить из уравнения:

$$Q_{II} = Q_{II} + Q_{IV} + Q_{VI} + Q_{VIII} \quad (13)$$

Подставив значения протечек щелочного раствора из варочного котла в (10), (11), (13) в уравнение (14) и упростив его, получим:

$$Q_{II} = \frac{(P_{VII} - P_I)L\delta_0^3}{6\mu} \left(\frac{1}{l_{II}} + \frac{1}{l_{IV}} + \frac{1}{l_{VI}} + \frac{1}{l_{VIII}} \right) \quad (14)$$

Из формулы (14) следует, что протечки щелочного раствора из варочного котла в питательную трубу через зазоры в питателе прямо пропорциональны перепаду давления в варочном котле и питательной трубе, длине окна корпуса, величине зазора в третьей степени и обратно пропорциональны вязкости щелочного раствора и длине зазора. Из всех выше перечисленных факторов переменными являются величина и длина зазора между ротором и корпусом. Предложенная математическая модель описывает протечку щелочного раствора из питателя и учитывает переменность зазора между ротором и корпусом в двухмерном измерении.

Выводы

Анализ полученных результатов показал, что разработанная математическая модель протечек щелочного раствора через коническую трибосистему из варочного котла адекватна, и зависит от: 1) разности давления в варочном котле и конической трибосистемы; 2) вязкости щелочного раствора; 3) величины зазора в конической трибосистеме в третьей степени и 4) длины зазора.

ЛИТЕРАТУРА

1. Поляков В. Ю., Рошин В. Н. Производство сульфатной целлюлозы: Учебное пособие для профтехучилищ. — М.: Лесная промышленность, 1979. — 376 с.
2. Стребков Н. П., Кровненко И. Д. Затруднения в работе установки непрерывной варки «Камюр» и их устранение // Бумажная промышленность. — 1966. — № 6. — С. 15—17.
3. Гидравлика, гидромашины и гидроприводы: Учебник для машиностроительных вузов

-
- (Т. М. Башта, С. С. Рудков, Б. Б. Некрасов и др. — 2-е изд. — М. : Машиностроение, 1982. — 423 с.
4. Угингус А. А. Гидравлика и гидравлические машины. — 4-е изд. — Харьков : Из-во университета, 1970. — 396 с.

пост. 23.05.12