ВИЗНАЧЕННЯ СТАЛОЇ ТЕМПЕРАТУРИ МАСЛА У ГІДРОСИСТЕМІ ПО ТРЬОХ ТОЧКАХ КРИВОЇ НАГРІВУ І КІЛЬКОСТІ ТЕПЛА, ЩО ВИДІЛЯЄТЬСЯ

Колєснік Ю.І. асистент
Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка
м. Харків, Україна

У гідросистемах, де підтримується постійна величина перепаду тиску між напірною і зливною магістралями, при постійній витраті, формулу кривої нагріву можна отримати з диференціального рівняння теплового балансу:

$$-Qd\tau + C_0Gdt + \sum_{i=1}^{n}\kappa_i F_i\left(t_{\text{рід}} - t_{\text{среди}}\right)d\tau = 0 \qquad (1)$$

Інтегруючи цей вираз, отримуємо,

$$t = \frac{Q}{\sum_{i=1}^{n}\kappa_i F_i} - \left(\frac{Q}{\sum_{i=1}^{n}\kappa_i F_i} - t_0\right)\exp\left(-\frac{\sum_{i=1}^{n}\kappa_i F_i}{C_0 G}\tau\right) \qquad (2)$$

Q - кількість тепла, що виникає у маслі в одиницю часу;
C_0 - вагова теплоємність масла;
G - вага масла;
dt - приріст температури масла за час $d\tau$:
κ_i - середній коефіцієнт теплопередачі через i - у стенду;
$F_i - i$ - теплообмінна поверхня;
t_0 - температура масла при $\tau = 0$

Записав в рівності (2) величину $\frac{Q}{\sum_{i=1}^{n}\kappa_i F_i}$ через t_{max} і, якщо перенести початок координат в точку $(0;\ t_0)$ отримуємо:

$$t = t_{max}\left[1 - exp\left(-\frac{\sum_{i=1}^{n}\kappa_i F_i}{C_0 G}\tau\right)\right] = t_{max}\left[1 - exp\left(\frac{C}{C\prime}\right)\right] \qquad (3)$$

де $\tau' = \frac{C_0 G}{\sum_{i=1}^{n}\kappa_i F_i}$, яка має розмірність часу.

Знаючи значення τ' t для моменту часу τ, можна підрахувати t_{max}. Але найчастіше τ' є невизначеною величиною і відомо лише залежність t від τ до деякого значення t.

Для визначення t_{max} при експоненціальному нагріванні, можна скористатися графічним методом. Метод цей полягає в тому, що протягом досліду вимірюють через однакові проміжки часу $\Delta\tau$ збільшення температури Δt и відкладають від осі t відрізки, рівні їм. Координатами кінців цих відрізків будуть: $[-(t_2 - t_1); t_1]$, $[-(t_3 - t_2); t_2]$ $[-(t_4 - t_3); t_3]$, тощо. Ці точки розташовуються приблизно на одній прямій.

Якщо продовжити цю пряму, то вона відсіче від осі відрізок рівний t_{max}. Крім графічного способу значення t_{max} можна визначити і аналітично. Напишемо рівняння прямої, що проходить через дві точки з координатами:: $[-(t_2 - t_1); t_1]$ и $[-(t_3 - t_2); t_2]$.

$$t = \frac{t_2 - t_1}{2t_2 - t_1 - t_3} \cdot \tau + \left[t_1 + \frac{(t_2 - t_1)^2}{2t_2 - t_1 - t_3}\right] \qquad (4)$$

Перетворюючи вільний член правої частини виraження (4), замінюючи значення t_1, t_2 і t_3 виразами функції в цих точках і спрощуючи, приходимо до виразу:

$$t + \frac{(t_2 - t_1)^2}{2t_2 - t_1 - t_3} = t_{max}\left\{1 - exp\left(\frac{\tau_1}{\tau\prime}\right) + \frac{exp\left(-2\frac{\tau_1}{\tau\prime}\right)\left[1 - exp\left(-\frac{\Delta\tau}{\tau\prime}\right)\right]^2}{exp\left(\frac{\tau_1}{\tau\prime}\right)\left[1 - exp\left(-\frac{\Delta\tau}{\tau\prime}\right)\right]^2}\right\} \qquad (5)$$

Вираз у фігурних дужках дорівнює одиниці, тоді:

$$t_{max} = t_1 + \frac{(t_2 - t_1)^2}{2t_2 - t_1 - t_3} \qquad (6)$$

Величина похибки у визначенні t_{max} залежить від вибору t, і різниці $(t_2 - t_1)$. Позначивши $\frac{t_1}{t_{max}}$, $\frac{t_2}{t_{max}}$ і $\frac{t_3}{t_{max}}$ відповідно через θ_1, θ_2 і θ_3 в різницю $(\theta_2 - \theta_1)$ і $(\theta_3 - \theta_4)$ відповідно через x_1, x_2 розглянемо відносну похибку:

$$\delta \le |d\theta_1| + (1 - \theta_1)\left\|\left|\frac{\frac{d}{dx_1}\left(\frac{x_1^2}{x_1 - x_2}\right)dx_1}{\frac{x_1^2}{x_1 - x_2}}\right| + \left|\frac{\frac{d}{dx_2}\left(\frac{x_1^2}{x_1 - x_2}\right)dx_2}{\frac{x_1^2}{x_1 - x_2}}\right|\right\| = |d\theta_1| + (1 - \theta)\left|\frac{2}{x_1}\right|dx$$

де $dx = |dx_1| = |dx_2|$.

Так для отримання 3% точності t_{max} при $\theta_1 = 0{,}4$ досить взяти $(\theta_2 - \theta_1) = 0{,}041$ або 10,2% від t при $dx = 0{,}001$. З метою перевірки вищевказаного виразу (6), були проведені експерименти на гідроустановці.

Для оцінки відносної похибки у визначенні Q розглянемо відношення повного диференціала функції до самої функції:

$$|dQ| \le \left|\frac{дQ}{дt_{max}}dt_{max}\right| + \left|\frac{дQ}{дt}dt\right| + \left|\frac{дQ}{дG}dG\right| + \left|\frac{дQ}{дC_o}dC_o\right| + \left|\frac{дQ}{д\tau}d\tau\right|$$

Вплив похибки виміру t_{max} на величину відносної похибки виражається залежністю:

$$\left|\frac{dQ_{t_{max}}}{Q}\right| = \left\|\left[1 + \frac{\frac{t}{t_{max}}}{\left(1 - \frac{t}{t_{max}}\right)\ln\left(1 - \frac{t}{t_{max}}\right)}\right]\frac{dt_{max}}{t_{max}}\right|$$

При фіксованому значенні t мінімальна похибка від t_{max} буде при мінімальному значенні абсолютної величини виразу, укладеного в квадратні дужки, тобто дорівнює мінімуму функції:

$$\Phi(U) = \left|1 + \frac{U}{(1+U)\ln(1-U)}\right|$$

де $U = \frac{t}{t_{max}}$

Вплив t на точність визначення Q виявляється аналогічним чином:

$$\left|\frac{dQ_t}{Q}\right| = \left|-\frac{1}{(1-v)\ln(1-v)}dv\right| = -\Phi(v) \text{ де } v = \frac{t}{t_{max}}$$

Список літератури

1.Банта Т. М. гідравлічні приводи літальних апаратів. М., «Машинобудування". 1967

2.Хаймович Е. М. гідроприводи і гідроавтоматика верстатів. Москва-Київ, Машгіз. 1959.