

УДОСКОНАЛЕННЯ МОДЕЛІ ПРОГНОЗУВАННЯ НАДІЙНОСТІ ТЕПЛОНАПРУЖЕНИХ ЗОН ПОРШНІВ ВИСОКОФОРСОВАНИХ ДВЗ

Ліньков О.Ю., Пильов В.В., Ликов С.В.

*Національний технічний університет
«Харківський політехнічний інститут», м. Харків*

В роботі розглянуто питання комплексного аналізу щодо забезпечення надійності конструкції поршня в процесі проектування двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) високих і перспективних рівнів форсування.

Умовою забезпечення фізичної надійності певної високотеплонапруженої зони конструкції є:

$$d_1(\Xi, P) = \Phi_1(t(\tau), \sigma(\tau)) = 1 - \sum_{k=1}^{N_p} \frac{1}{N_{sk}} - \sum_{k=1}^{N_p} \frac{1}{N_{fk}} \geq 0, \quad (1)$$

де Ξ – модель експлуатації ДВЗ, $\Xi = \{\zeta_1, \zeta_2, \dots, \zeta_N\}$; ζ_k , $k = [1, N_p]$ – окремий цикл навантаження ДВЗ з параметрами $t_k(\tau)$, $\sigma_k(\tau)$; N_p – загальна кількість циклів навантаження ДВЗ за ресурс P ; $t(\tau)$, $\sigma(\tau)$ – поточні значення температури та напруження в досліджуваній зоні поршня; N_{sk} , N_{fk} – кількість циклів до втрати фізичної надійності в умовах k -го циклу, відповідно внаслідок впливу повзучості та втоми матеріалу.

Традиційно критерій параметричної надійності поршня застосовують до його бічної поверхні як пари тертя з відповідною поверхнею циліндра. Припускають, що реальний зазор в парі тертя збільшується до допустимого значення $[\Delta R_{уст}]$. Тоді критерій параметричної надійності від зношення пари тертя можна представити виразом:

$$d_2(\Xi, P) = [\Delta R_{уст}(P)] - \Delta R_{уст}(h_i, \theta_i, P) \geq 0, \quad \Delta R_{уст}(h_i, \theta_i, \tau) > 0, \quad \tau \leq P, \quad (2)$$

де $\Delta R_{уст}(h_i, \theta_i, \tau)$ – дійсна величина зазору за обраними координатами h_i , θ_i бічної поверхні поршня.

Але при створенні ДВЗ високих і перспективних рівнів в критичних зонах бічної поверхні поршня величина зазору $\Delta R_{уст}(h_i, \theta_i, \tau)$ внаслідок повзучості матеріалу може не зростати, а зменшуватися до взаємного проникнення поверхонь поршня і циліндру, $\Delta R_{уст}(h_i, \theta_i, \tau) < 0$, $\tau \ll P$. Тому до умов (1), (2) пропонується додати умову параметричної надійності вигляду:

$$d_3(\Xi, P) = \begin{cases} 1, & \Phi_3(t_{\max}, \sigma_{\max}) \geq 1 \\ 0, & \Phi_3(t_{\max}, \sigma_{\max}) < 1 \end{cases}, \quad (3)$$

де Φ_3 – функція приведення порогу повзучості матеріалу деталі до критерію d_3 ; $t_{\max}$, $\sigma_{\max}$ – відповідно максимальні значення температур і напружень критичної зони поршня найбільш важкого циклу навантаження серед ζ_k , $k = [1, N_p]$ щодо моделі експлуатації Ξ .

При цьому термонапружений стан конструкції визначається рівняннями

$$t_k(\tau) = \bar{t}_k(\tau) + \tilde{t}_k(\tau), \quad \sigma_k(\tau) = \bar{\sigma}_k(\tau) + \tilde{\sigma}_k(\tau), \quad (4)$$

де величини $\bar{t}_k(\tau)$, $\tilde{t}_k(\tau)$, $\bar{\sigma}_k(\tau)$, $\tilde{\sigma}_k(\tau)$ встановлюють як миттєві усереднені значення та високочастотні відхилення температур і напружень від середнього значення в умовах кожного одиничного циклу навантаження ДВЗ.