



УДК 621.45.02

АПРОКСИМАЦІЯ ХАРАКТЕРИСТИК ТУРБИНИ

П. Є. Горбова, О. В. Кіслов

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
“Харківський авіаційний інститут”*

При проектуванні ГТД оцінка параметрів ГТД на нерозрахункових режимах виконується шляхом математичного моделювання. Ключовими аспектами цього процесу є наявність характеристик елементів ГТД. На етапі попереднього проектування, коли відсутні характеристики елементів, що проектуються, використовуються узагальнені характеристики. Зазвичай це потребує використання методів апроксимації характеристик.

У даній роботі розглядається проблема узагальнення та апроксимації характеристик турбіни з використанням перетворень функції, що апроксимується, до вигляду, який дозволяє спростити апроксимаційну функцію і підвищити точність апроксимації.

Під час дослідження виявлено, що застосування певних підходів до апроксимації характеристик турбіни може призвести до складних нелінійних залежностей, що ускладнює їхнє узагальнення та аналіз. Пропонується новий підхід, який базується на заміні вихідних характеристик турбіни іншими, що забезпечує більш просту та лінійну залежність. Це дозволяє отримати узагальнену характеристику турбіни, яка може бути використана для різних моделей турбін з невеликими відмінностями в параметрах.

Однією з характеристик турбіни є залежність ізоентропного ККД турбіни від степені зменшення тиску π_T^* та приведеної колової швидкості λ_u .

$$\eta_T^* = f(\pi_T^*, \lambda_u). \quad (1)$$

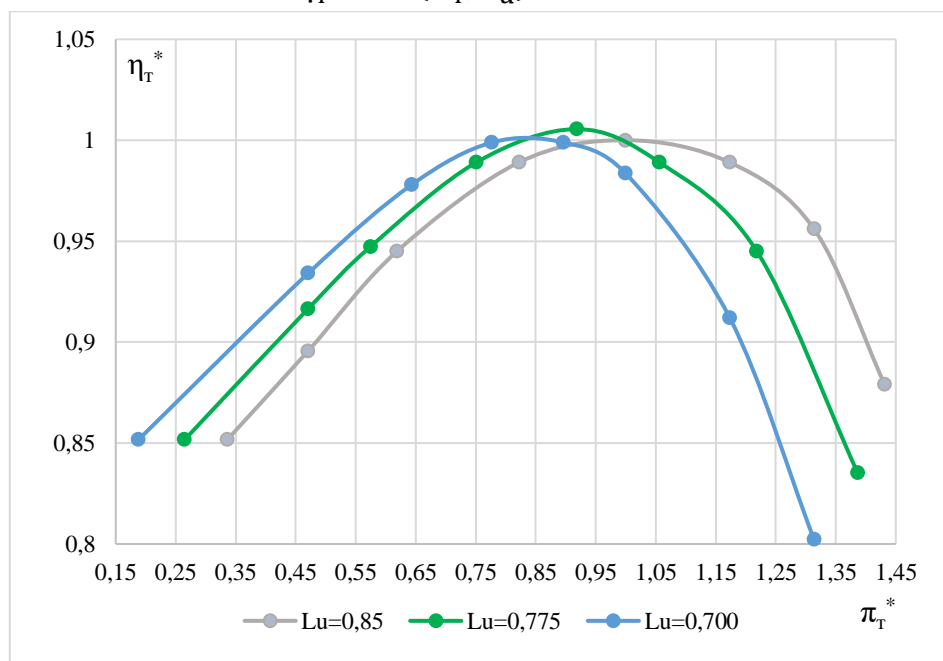


Рис. 1 – Характеристика турбіни



Ця характеристика є суттєво нелінійною і немонотонною по обом аргументам, що ускладнює їх узагальнення та апроксимацію.

Бажано перетворити залежність $\eta_T^* = f(\pi_T^*, \lambda_u)$ у таку функцію, яка є монотонною і близькою до лінійної.

Метою роботи є розробка форми представлення характеристик турбіни у вигляді, що забезпечує простоту узагальнення та апроксимації характеристик з високою точністю.

Для цього пропонується характеристику (1) замінити характеристикою у вигляді

$$L_T^* = f(L_{TS}^*, \lambda_u), \quad (2)$$

де $L_T^* = L_{TS}^* \cdot \eta_T^*$.

З урахуванням того, що $L_{TS}^* = i_T^* \cdot \left(1 - \frac{1}{\frac{k_T-1}{\pi_T^* k_T}}\right)$, залежність (2) можна представити:

$$\left(1 - \frac{1}{\frac{k_T-1}{\pi_T^* k_T}}\right) \cdot \eta_T^* = f\left[\left(1 - \frac{1}{\frac{k_T-1}{\pi_T^* k_T}}\right), \lambda_u\right]. \quad (3)$$

Залежність (3) є практично лінійною від $\left(1 - \frac{1}{\frac{k_T-1}{\pi_T^* k_T}}\right)$, оскільки функцією є аргумент $\left(1 - \frac{1}{\frac{k_T-1}{\pi_T^* k_T}}\right)$, скоригований коефіцієнтом η_T^* (який близький до 1 і мало змінюється).

Величина $\left(1 - \frac{1}{\frac{k_T-1}{\pi_T^* k_T}}\right)$ є безрозмірною ізоентропною роботою турбіни, оскільки $\overline{L}_{TS}^* = \frac{L_{TS}^*}{i_T^*} = 1 - \frac{1}{\frac{k_T-1}{\pi_T^* k_T}}$. А величина $\left(1 - \frac{1}{\frac{k_T-1}{\pi_T^* k_T}}\right) \cdot \eta_T^*$ - безрозмірна робота турбіни, оскільки $\overline{L}_T^* = \frac{L_T^*}{i_T^*} = \left(1 - \frac{1}{\frac{k_T-1}{\pi_T^* k_T}}\right) \cdot \eta_T^*$.

Тоді характеристику (3) можна представити як:

$$\overline{L}_T^* = f(\overline{L}_{TS}^*, \lambda_u). \quad (4)$$

Характеристика турбіни у вигляді (4) представлена на рис. 2.

Перевагою характеристики (4) у порівнянні з (1) є не тільки монотонність і зменшення нелінійності, але й зручність узагальнення характеристик турбін з близькими параметрами.

Зокрема, у турбін з близькими π_{Tr}^* близькі і \overline{L}_{TS}^* . Тому характеристику турбін у відносному вигляді, отриману для конкретної турбіни можна використовувати для інших турбін, якщо їх розрахункові параметри незначно відрізняються.

Для отримання узагальненої характеристики необхідно перейти до відносних параметрів:



$$\bar{\lambda}_u = \frac{\lambda_u}{\lambda_{up}}; \quad \bar{L}_{TS}^* = \frac{\bar{L}_{TS}^*}{\bar{L}_{TSp}^*}; \quad \bar{L}_T^* = \frac{\bar{L}_T^*}{\bar{L}_{Tp}^*};$$

де

$$\bar{L}_{TSP}^* = 1 - \frac{1}{\pi_{tr}^* \frac{k_r - 1}{k_r}}; \quad \bar{L}_{Tp}^* = \bar{L}_{TSP}^* * \eta_{tr}^*.$$

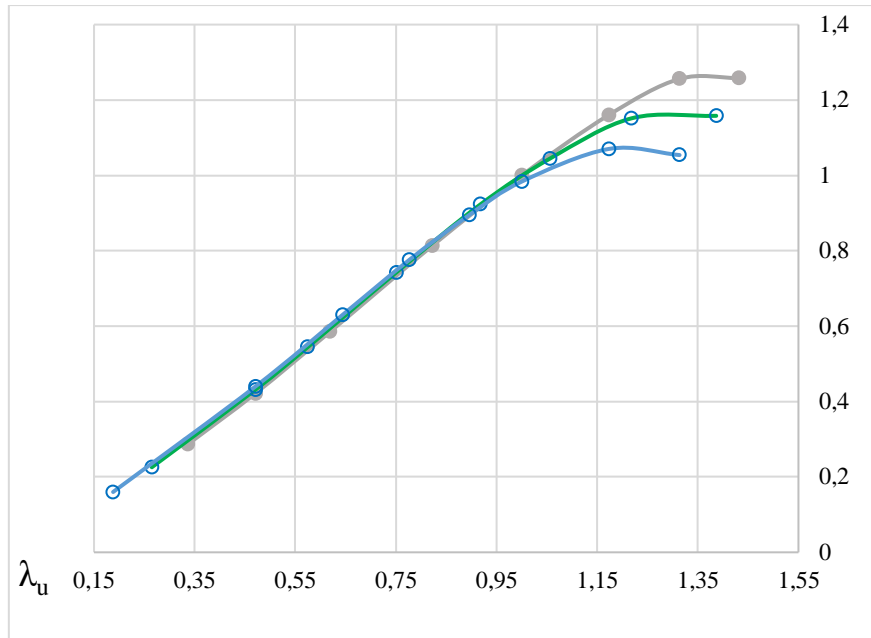


Рис. 2 – Характеристика турбіни

А сама узагальнена характеристика турбіни представляється у вигляді:

$$\bar{L}_T^* = f(\bar{L}_{TS}^*, \bar{\lambda}_u). \quad (5)$$

На основі проведених досліджень можна зробити висновок, що характеристику турбіни можна представити у вигляді практично монотонних і лінійних залежностей, що дозволяє спростити вигляд апроксимаційної функції і підвищити точність апроксимації. Крім цього, розроблено підхід до узагальнення характеристик турбін, який є корисним для математичного моделювання ГТД на етапі проектування.