



ХАРАКТЕРИСТИКИ ДВОВАЛЬНОГО ГАЗОГЕНЕРАТОРА

С. А. Бойко, О. В. Кіслов

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

У силових установках можна виокремити не лише типові елементи (функціональні елементи), але й типові групи таких елементів – функціональні модулі. Ці модулі, як і функціональні елементи, мають характеристики, що зображуються у вигляді критеріальних залежностей. Ці характеристики залишаються незмінними при застосуванні функціональних модулів в ГТД різних схем.

Найважливішими функціональними модулями ГТД є газогенератори. Газогенератори можуть бути одновальними та двовальними. Одновальний газогенератор (ГГ) складається з компресора високого тиску (КВТ), камери згоряння, турбіни високого тиску (ТВТ), а двовальний газогенератор (ГГ2) включає ГГ та турбокомпресор низького тиску (рис.1).

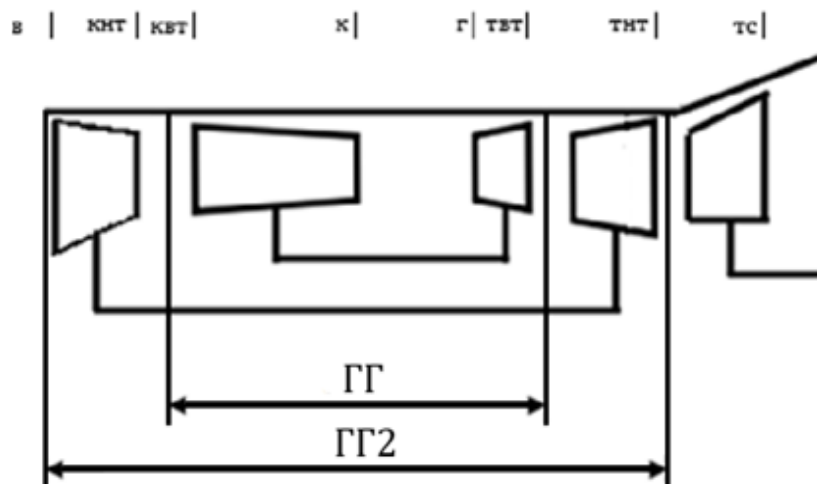


Рис.1 - Газогенератори ГТД

Незмінність характеристик функціональних модулів при їх використанні в ГТД різних схем робить зручним конвертування. Один і той же двовальний газогенератор може бути використаний для створення ТРД(Ф), ТРДД, або турбовального ГТД з силовою турбіною.

Оскільки характеристики – це залежності основних параметрів, що характеризують ефективність роботи функціонального модуля, від параметрів, які задають режим його роботи, то треба ввести параметри ефективності роботи ГГ2 та параметри режиму ГГ2.

Параметрами ефективності роботи ГГ2 є:

- ступінь підвищення тиску ГГ2 – $\pi_{ГГ2}^* = \frac{p_{ТНТ}^*}{p_B^*}$;
- ступінь підвищення температури ГГ2 – $\tau_{ГГ2}^* = \frac{T_{ТНТ}^*}{T_B^*}$;
- приведена витрата палива – $G_{т пр ГГ2} = G_t \cdot \frac{p_{вр}^*}{p_B^*} \sqrt{\frac{T_{вр}^*}{T_B^*}}$;



$$\text{- приведена витрату повітря} - G_{в пр ГГ 2} = G_{в} \cdot \frac{p_{в пр}^*}{p_{в}^*} \sqrt{\frac{T_{в}^*}{T_{в пр}^*}};$$

-співвідношення приведених частот обертання роторів, яке доцільно характеризувати величиною ковзання роторів – $S = \frac{n_{в}}{n_{н}}$.

Параметрами, які задають режим роботи ГГ2, являються $\pi_{т ГГ 2}^*$ та приведена частота обертання одного з роторів ГГ2.

Двовальний газогенератор ГГ2 разом з сопловим апаратом силової турбіни є двовальним ТРД з нерегульованим соплом. Для такого ГГ2 $\pi_{т ГГ 2}^* = \text{const}$ і тоді всі безрозмірні комплекси будуть залежати тільки від одного безрозмірного параметра. Зручно представляти характеристики ГГ2 в залежності від приведеної частоти обертання ротора низького тиску:

$$n_{н пр} = n_{н} \cdot \sqrt{\frac{T_{в пр}^*}{T_{в}^*}}.$$

Тоді характеристики ГГ2 можна представити у вигляді:

$$\begin{aligned} \pi_{ГГ 2}^* &= f_1(n_{н пр}); \\ \tau_{ГГ 2}^* &= f_2(n_{н пр}); \\ G_{т пр ГГ 2} &= f_3(n_{н пр}); \\ G_{в пр ГГ 2} &= f_4(n_{н пр}); \\ S &= f_5(n_{н пр}). \end{aligned} \quad (1)$$

Характеристики ГГ2 визначені шляхом обробки результатів математичного моделювання турбовального ГТД, спроектованого у дипломному проєкті бакалавра. Для цього використовувалися результати чисельного розрахунку дросельної характеристики ГТД.

На рис. 2 представлені робочі лінії на характеристиках компресорів високого і низького тисків турбовального ГТД.

Для визначення $\pi_{ГГ 2}^*$ і $\tau_{ГГ 2}^*$ використовувалися характеристики одновального ГГ у вигляді $\pi_{ГГ}^* = f_1(n_{в пр})$ і $\tau_{ГГ}^* = f_2(n_{в пр})$. Розрахунок здійснювався за формулами:

$$\begin{aligned} \pi_{ГГ 2}^* &= \pi_{ГГ}^* \cdot \frac{\pi_{КНТ}^*}{\pi_{ТНТ}^*}; \\ \tau_{ГГ 2}^* &= \tau_{ГГ}^* \cdot \frac{\tau_{КНТ}^*}{\tau_{ТНТ}^*}; \end{aligned}$$



Характеристики ГГ2 показані на рис. 3 і 4.

Характеристики ГГ2 можуть бути одержані не лише розрахунковим шляхом, але і експериментально. Наявність експериментальних характеристик ГГ2, які одержані при випробуванні ГГ2 у складі двигуна-прототипу, значно спрощує процес проектування нових ГТД на основі цього ГГ2. Крім цього, це підвищує достовірність і точність розрахунку параметрів двигуна та його характеристик.

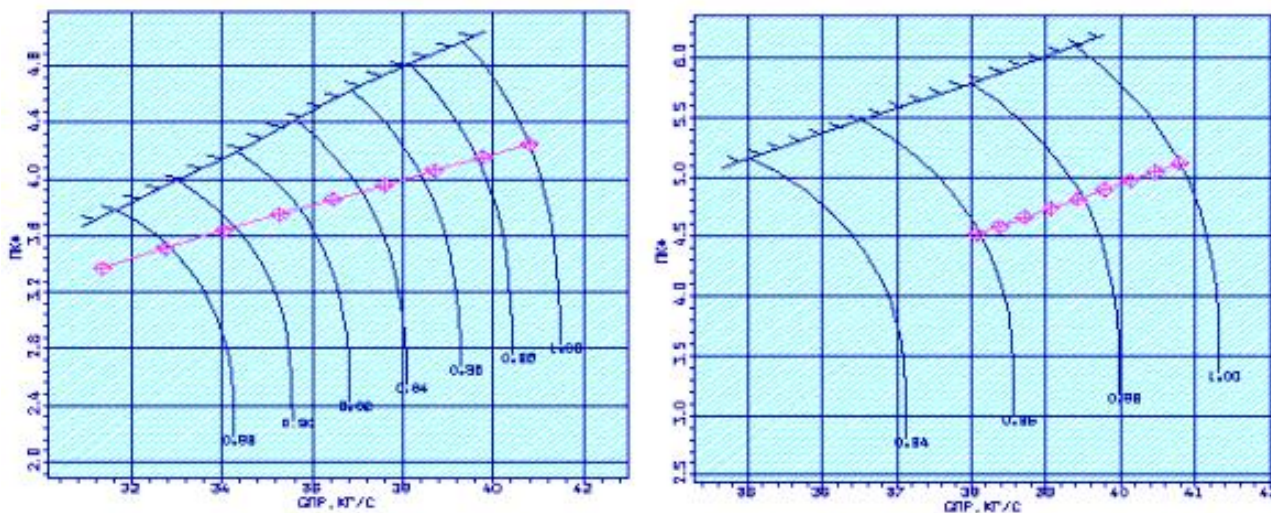


Рис. 2 – Робочі лінії на характеристиках компресорів високого і низького тисків турбовального ГТД

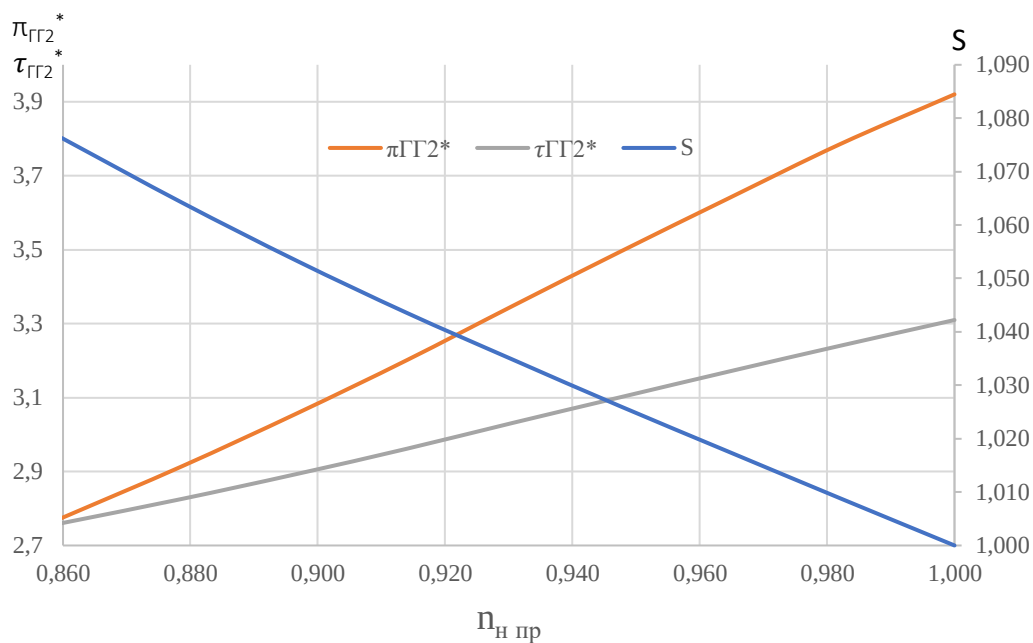


Рис.3 – Характеристики газогенератора $\pi_{ГГ2}^* = f_1(n_{н пр})$, $\tau_{ГГ2}^* = f_1(n_{н пр})$, $S = f_5(n_{н пр})$.

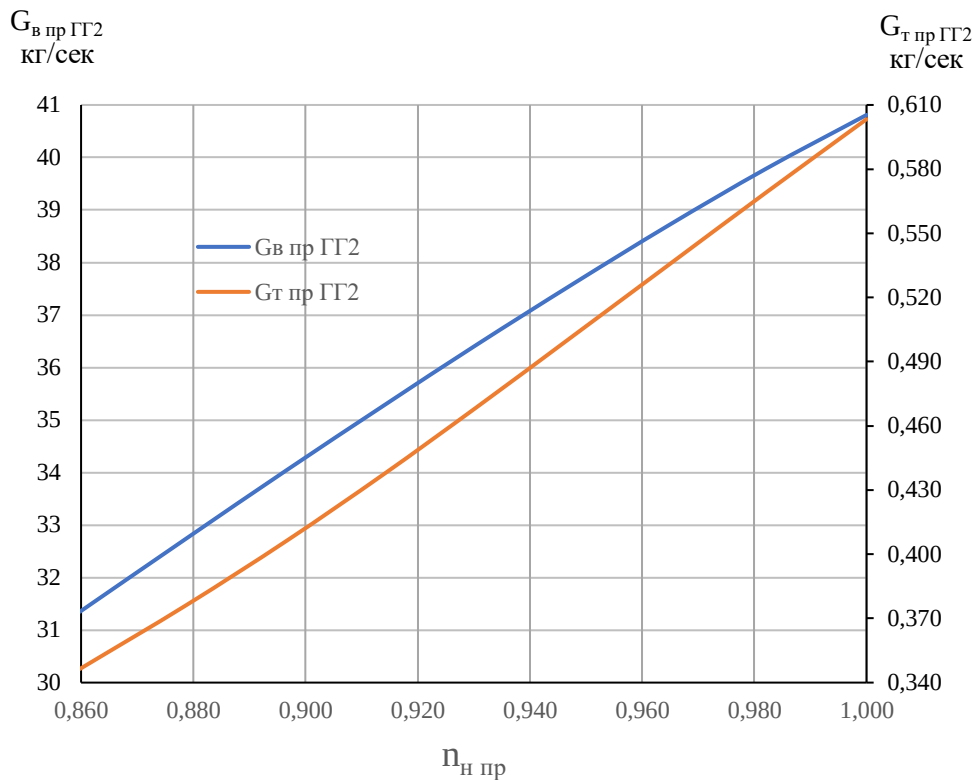


Рис.4 – Характеристики газогенератора $G_{т пр ГГ2} = f_3(n_{н пр})$ та $G_{в пр ГГ2} = f_4(n_{н пр})$

ДОСЛІДЖЕННЯ ТРАНСЗВУКОВОЇ ТЕЧІЇ У КОМПРЕСОРНІЙ РЕШІТЦІ ПРОФІЛІВ

С. А. Бойко, Н. В. Піжанкова, К. В. Рябчук

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Дослідження трансзвукового обтікання компресорних решіток профілів є актуальною проблемою при проектуванні сучасних газотурбінних двигунів. Особливості обтікання профілів на надкритичних режимах характеризуються виникненням локальних надзвукових зон, стрибків ущільнення та можливих відривів потоку, що призводить до зниження ефективності ступеня компресора.

У даній роботі проведено чисельне дослідження середнього перерізу спрямного апарата вентилятора сучасного авіаційного двоконтурного двигуна. Особливостями обтікання досліджуваного профілю є високі (надкритичні) швидкості потоку та великий (понад 45°) кут повороту потоку в решітці $\Delta\beta$ на «розрахунковому» режимі.

Моделювання трансзвукової течії в плоских компресорних решітках профілів виконано на основі методу розрахунку [1, 2], який базується на використанні уявлення Л. Прандтля про умовний поділ потоку на дві підобласті: нев'язке ядро потоку та примежовий шар. Для розв'язування задачі обтікання плоскої решітки профілів використано чисельний метод великих частинок [3]. Основна система рівнянь Ейлера, записана в дивергентній формі, для розв'язування задачі використано розщеплення за фізичними процесами на три етапи: ейлерів етап,