



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
SAMARA UNIVERSITY

федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева»

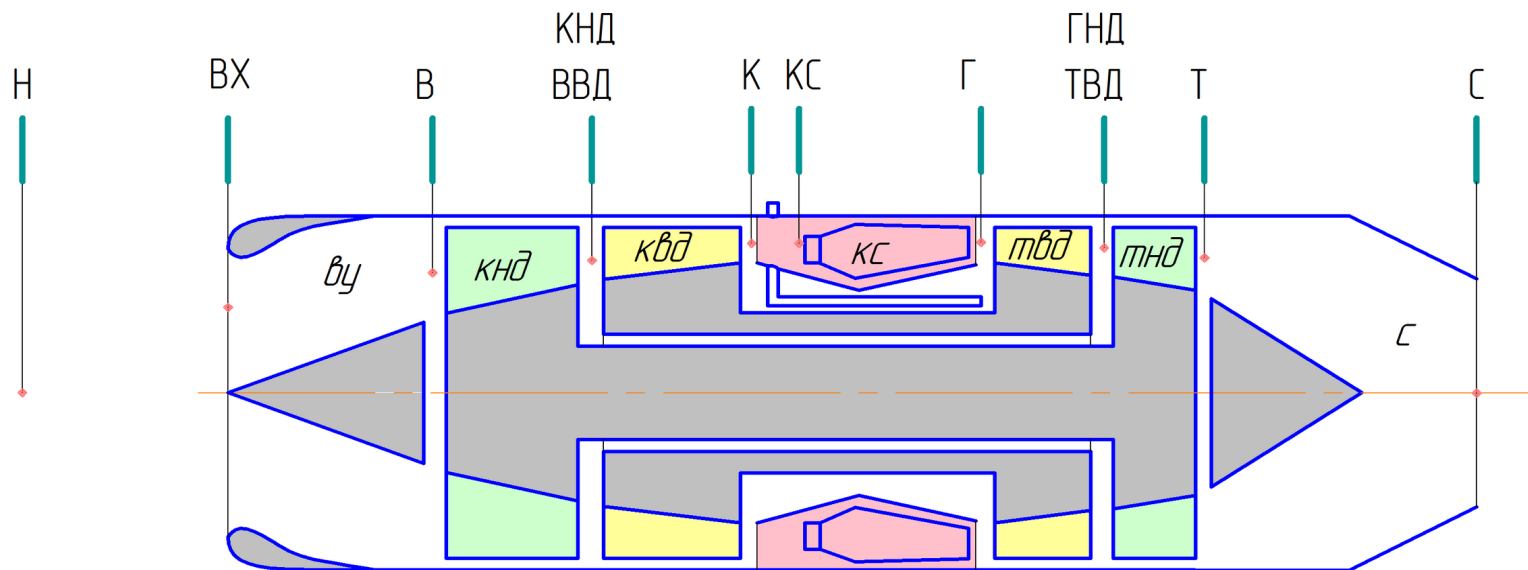
Институт двигателей и энергетических установок
Кафедра теории двигателей летательных аппаратов

Глава 3. Проектный термогазодинамический расчет ГТД

§ 3.3. Особенности проектного расчета ГТД с многокаскадным турбокомпрессором

3.3.1. Расчетная схема

Схема двухвального ТРД



3.3.2. Исходные данные

Заданными для проектного расчета двухвального ТРД являются следующие параметры основных компонентов модели.

Внешние условия:

M_{Π} - число Маха полета;

T_H - температура атмосферного воздуха, К ;

p_H - давление атмосферного воздуха, Па .

Входное устройство:

$\sigma_{вх}$ - коэффициент восстановления полного давления во входном устройстве.

Компрессор НД:

$\pi_{\text{КНД}}^*$ - степень повышения давления в компрессоре НД;

$\eta_{\text{КНД}}^*$ - КПД компрессора НД.

Компрессор ВД:

$\pi_{\text{КВД}}^*$ - степень повышения давления в компрессоре ВД;

$\eta_{\text{КВД}}^*$ - КПД компрессора ВД.

Отборы:

- $g_{\text{охл.са.твд}}$ - относительная величина отбора воздуха на охлаждение соплового аппарата турбины ВД;
- $g_{\text{охл.рк.твд}}$ - относительная величина отбора воздуха на охлаждение рабочих колёс турбины ВД;
- $g_{\text{охл.са.тнд}}$ - относительная величина отбора воздуха на охлаждение соплового аппарата турбины НД;
- $g_{\text{охл.рк.тнд}}$ - относительная величина отбора воздуха на охлаждение рабочих колёс турбины НД;
- $g_{\text{отб.ЛА}}$ - относительная величина отбора воздуха на нужды летательного аппарата;
- $g_{\text{ут}}$ - относительная величина утечек воздуха.

Камера сгорания:

- $\sigma_{кс}$ - коэффициент восстановления полного давления в камере сгорания;
- η_{Γ} - коэффициент полноты сгорания топлива в камере сгорания;
- T_{Γ}^* - полная температура газа в сечении на выходе, К .

Турбина ВД:

- $\eta_{m.ВД}$ - Коэффициент механических потерь в трансмиссии каскада ВД;
- $\eta_{ТВД}^*$ - КПД турбины ВД.

Турбина НД:

- $\eta_{m.НД}$ - Коэффициент механических потерь в трансмиссии каскада НД;
- $\eta_{ТНД}^*$ - КПД турбины НД.

Сопло:

φ_c - коэффициент скорости.

Показатели:

P - тяга двигателя, кН .

3.3.3. Алгоритм расчета

Внешние условия

...

Входное устройство

...

Компрессор НД

1. Удельная работа компрессора:

$$L_{\text{кнд}} = c_{p\epsilon} \cdot T_{\text{В}}^* \cdot \left(\pi_{\text{кнд}}^{\frac{k_{\epsilon}-1}{k_{\epsilon}}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{\eta_{\text{кнд}}^*}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

2. Полная температура воздуха в сечении на выходе:

$$T_{\text{кнд}}^* = T_{\text{В}}^* + \frac{L_{\text{кнд}}}{c_{p\epsilon}}, \text{ К}.$$

3. Полное давление воздуха в сечении на выходе:

$$p_{\text{кнд}}^* = p_{\text{В}}^* \cdot \pi_{\text{кнд}}^*, \text{ Па}.$$

Компрессор ВД

1. Удельная работа компрессора:

$$L_{\text{квд}} = c_{\text{pe}} \cdot T_{\text{ввд}}^* \cdot \left(\pi_{\text{квд}}^*^{\frac{k_{\text{e}} - 1}{k_{\text{e}}}} - 1 \right) \cdot \frac{1}{\eta_{\text{квд}}^*}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

2. Полная температура воздуха в сечении на выходе:

$$T_{\text{к}}^* = T_{\text{ввд}}^* + \frac{L_{\text{квд}}}{c_{\text{pe}}}, \text{ К}.$$

3. Полное давление воздуха в сечении на выходе:

$$p_{\text{к}}^* = p_{\text{ввд}}^* \cdot \pi_{\text{квд}}^*, \text{ Па}.$$

Отборы

1. Полная температура охлаждающего воздуха:

$$T_{\text{охл}}^* = T_{\text{К}}^* , \text{ К} .$$

2. Полная температура воздуха в сечении на выходе:

$$T_{\text{КС}}^* = T_{\text{К}}^* , \text{ К} .$$

3. Полное давление газа в сечении на выходе:

$$p_{\text{КС}}^* = p_{\text{К}}^* , \text{ Па} .$$

4. Коэффициент изменения массы воздуха, проходящего через камеру сгорания:

$$\nu_{\text{КС}} = 1 - g_{\text{охл.са.твд}} - g_{\text{охл.рк.твд}} - g_{\text{охл.са.тнд}} - g_{\text{охл.рк.тнд}} - g_{\text{отб.ЛА}} - g_{\text{ут}} .$$

Камера сгорания

...

1. Полная температура газа в минимальном сечении первого соплового аппарата турбины:

$$T_{\text{CA.твд}}^* = \frac{c_{pz} \cdot T_{\Gamma}^* \cdot v_{\Gamma} + c_{pv} \cdot T_{\text{охл.са.твд}}^* \cdot g_{\text{охл.са.твд}}}{c_{pz} \cdot (v_{\Gamma} + g_{\text{охл.са.твд}})}, \text{ К}.$$

2. Удельная работа турбины:

$$L_{\text{твд}} = \frac{L_{\text{квд}}}{\eta_{m, \text{вд}} \cdot (v_{\Gamma} + g_{\text{охл.са.твд}})}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

3. Степень понижения давления в турбине:

$$\pi_{\text{твд}}^* = \left(1 - \frac{L_{\text{твд}}}{c_{pz} \cdot T_{\text{CA.твд}}^* \cdot \eta_{\text{твд}}^*} \right)^{-\frac{k_z}{k_z - 1}}.$$

4. Полная температура газа в минимальном сечении последнего рабочего колеса турбины:

$$T_{\text{РК.ТВД}}^* = T_{\text{СА.ТВД}}^* - \frac{L_{\text{ТВД}}}{c_{\text{pz}}}, \text{ К}.$$

5. Полная температура газа в сечении на выходе:

$$T_{\text{ТВД}}^* = \frac{c_{\text{pz}} \cdot T_{\text{РК.ТВД}}^* \cdot (v_{\Gamma} + g_{\text{охл.са.ТВД}}) + c_{\text{pv}} \cdot T_{\text{охл}}^* \cdot g_{\text{охл.рк.ТВД}}}{c_{\text{pz}} \cdot (v_{\Gamma} + g_{\text{охл.са.ТВД}} + g_{\text{охл.рк.ТВД}})}, \text{ К}.$$

6. Полное давление газа в сечении на выходе:

$$p_{\text{ТВД}}^* = \frac{p_{\Gamma}^*}{\pi_{\text{ТВД}}^*}, \text{ Па}.$$

7. Коэффициент изменения массы рабочего тела в сечении на выходе:

$$v_{\text{ТВД}} = v_{\Gamma} + g_{\text{охл.са.ТВД}} + g_{\text{охл.рк.ТВД}}.$$

Турбина НД

1. Полная температура газа в минимальном сечении первого соплового аппарата турбины:

$$T_{CA.тнд}^* = \frac{c_{pz} \cdot T_{ГНД}^* \cdot v_{ГНД} + c_{pv} \cdot T_{охл}^* \cdot g_{охл.са.тнд}}{c_{pz} \cdot (v_{ГНД} + g_{охл.са.тнд})}, \text{ К}.$$

2. Удельная работа турбины:

$$L_{тнд} = \frac{L_{кнд}}{\eta_{м.нд} \cdot (v_{ГНД} + g_{охл.са.тнд})}, \frac{\text{Дж}}{\text{кг}}.$$

3. Степень понижения давления в турбине:

$$\pi_{тнд}^* = \left(1 - \frac{L_{тнд}}{c_{pz} \cdot T_{CA.тнд}^* \cdot \eta_{тнд}^*} \right)^{-\frac{k_z}{k_z - 1}}.$$

4. Полная температура газа в минимальном сечении последнего рабочего колеса турбины:

$$T_{\text{РК.тнд}}^* = T_{\text{СА.тнд}}^* - \frac{L_{\text{тнд}}}{c_{pг}}, \text{ К}.$$

5. Полная температура газа в сечении на выходе:

$$T_{\text{Т}}^* = \frac{c_{pг} \cdot T_{\text{РК.тнд}}^* \cdot (v_{\text{ГНД}} + g_{\text{охл.са.тнд}}) + c_{pв} \cdot T_{\text{охл}}^* \cdot g_{\text{охл.рк.тнд}}}{c_{pг} \cdot (v_{\text{ГНД}} + g_{\text{охл.са.тнд}} + g_{\text{охл.рк.тнд}})}, \text{ К}.$$

6. Полное давление газа в сечении на выходе:

$$p_{\text{Т}}^* = \frac{p_{\text{ГНД}}^*}{\pi_{\text{тнд}}^*}, \text{ Па}.$$

7. Коэффициент изменения массы рабочего тела в сечении на выходе:

$$v_{\text{Т}} = v_{\text{ГНД}} + g_{\text{охл.са.тнд}} + g_{\text{охл.рк.тнд}}.$$

Сопло

...

Показатели

...