



САМАРСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

SAMARA UNIVERSITY

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

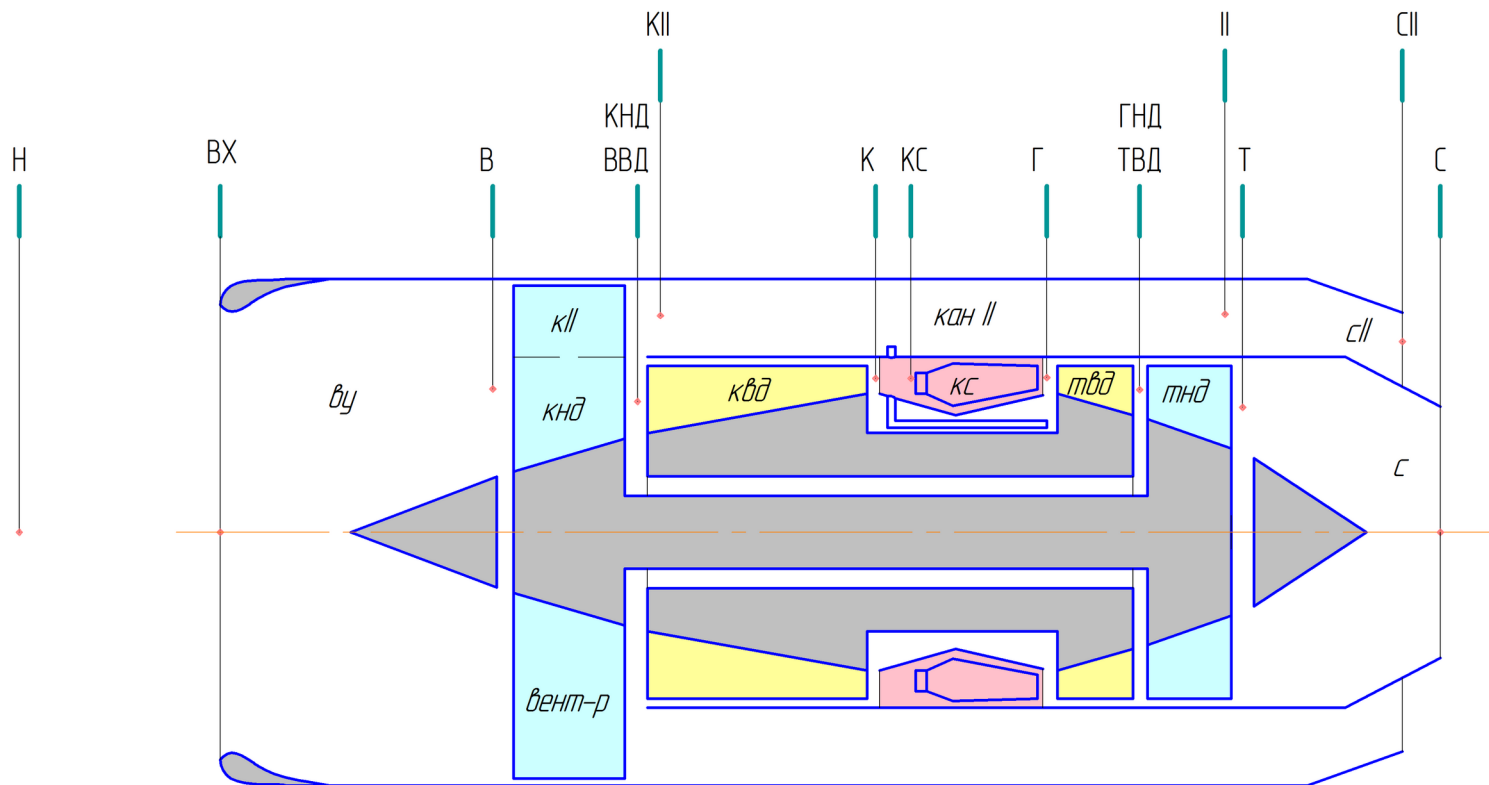
Институт двигателей и энергетических установок
Кафедра теории двигателей летательных аппаратов

Глава 3. Проектный термогазодинамический расчет ГТД

§ 3.4. Особенности проектного расчета ТРДД

3.4.1. Расчетная схема

Схема двухвального ТРДД



3.4.2. Исходные данные

Заданными для проектного расчета двухвального ТРДД 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.

Вентилятор:

- m - степень двухконтурности;
- $\pi_{\text{кнд}}^*$ - степень повышения давления во внутреннем контуре вентилятора;
- $\eta_{\text{кнд}}^*$ - КПД внутреннего контура вентилятора;
- $\pi_{\text{кп}}^*$ - степень повышения давления во наружном контуре вентилятора;
- $\eta_{\text{кп}}^*$ - КПД наружного контура вентилятора.

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 внутреннего контура:

- $\varphi_{\text{с}}$ - коэффициент скорости сопла внутреннего контура.

Канал наружного контура:

σ_{II} - коэффициент восстановления полного давления в канале.

Сопло наружного контура:

$\varphi_{сII}$ - коэффициент скорости сопла наружного контура.

Показатели:

P - тяга двигателя, кН .

3.4.3. Алгоритм расчета

Внешние условия

...

Входное устройство

...

Вентилятор

1. Удельная работа внутреннего контура вентилятора:

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

2. Полная температура воздуха в сечении на выходе из внутреннего контура вентилятора:

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

3. Полное давление воздуха в сечении на выходе из внутреннего контура вентилятора:

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

4. Удельная работа наружного контура вентилятора:

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

5. Полная температура воздуха в сечении на выходе из наружного контура вентилятора:

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

6. Полное давление воздуха в сечении на выходе из наружного контура вентилятора:

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

Компрессор ВД

...

Отборы

...

Камера сгорания

...

Турбина ВД

...

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:

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

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 внутреннего контура

...

Канал наружного контура

1. Полная температура воздуха в сечении на выходе:

$$T_{\Pi}^* = T_{\text{к}\Pi}^* , \text{ K} .$$

2. Полное давления воздуха в сечении на выходе:

$$p_{\Pi}^* = p_{\text{к}\Pi}^* \cdot \sigma_{\Pi} , \text{ Па} .$$

Сопло наружного контура

1. Располагаемая степень понижения давления

$$\pi_{срII} = \frac{p_{II}^*}{p_H}.$$

2. Скорость истечения воздуха из выходного устройства (при условии полного расширения рабочего тела):

$$c_{CII} = \varphi_{сII} \sqrt{2 \cdot c_{pв} \cdot T_{II}^* \cdot \left(1 - \frac{1}{\frac{k_{г}-1}{k_{г} \pi_{срII}}} \right)}, \frac{м}{с}.$$

3. Статическая температура воздуха в сечении на выходе:

$$T_{CII} = T_{II}^* - \frac{c_{CII}^2}{2 \cdot c_{pв}}, \text{ К}.$$

Показатели

1. Удельная тяга внутреннего контура двигателя (при условии полного расширения рабочего тела в канале выходного устройства):

$$P_{Iуд} = c_C \cdot v_C - V_{\Pi} \cdot \frac{H \cdot c}{кг}.$$

2. Удельная тяга наружного контура двигателя (при условии полного расширения рабочего тела в канале выходного устройства):

$$P_{IIуд} = c_{CII} - V_{\Pi} \cdot \frac{H \cdot c}{кг}.$$

3. Удельная тяга двигателя:

$$P_{уд} = \frac{P_{Iуд} + m \cdot P_{IIуд}}{1 + m} \cdot \frac{H \cdot c}{кг}.$$

4. Расход воздуха через двигатель:

$$G_B = \frac{10^3 \cdot P}{P_{уд}} \cdot \frac{кг}{с}.$$

5. Расход воздуха через внутренний контур двигателя:

$$G_{\text{ВI}} = \frac{G_{\text{В}}}{1+m} , \frac{\text{кг}}{\text{с}} .$$

6. Расход воздуха через наружный контур двигателя:

$$G_{\text{ВII}} = m \cdot G_{\text{ВI}} , \frac{\text{кг}}{\text{с}} .$$

7. Часовой расход топлива в камере сгорания:

$$G_{\text{т.ч}} = 3600 \cdot q_{\text{т}} \cdot v_{\text{КС}} \cdot G_{\text{ВI}} , \frac{\text{кг}}{\text{ч}} .$$

8. Удельный расход топлива:

$$C_{\text{уд}} = \frac{G_{\text{т.ч}}}{P} , \frac{\text{кг}}{\text{кН} \cdot \text{ч}} .$$