



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 2. Термогазодинамический расчет рабочего процесса ГТД

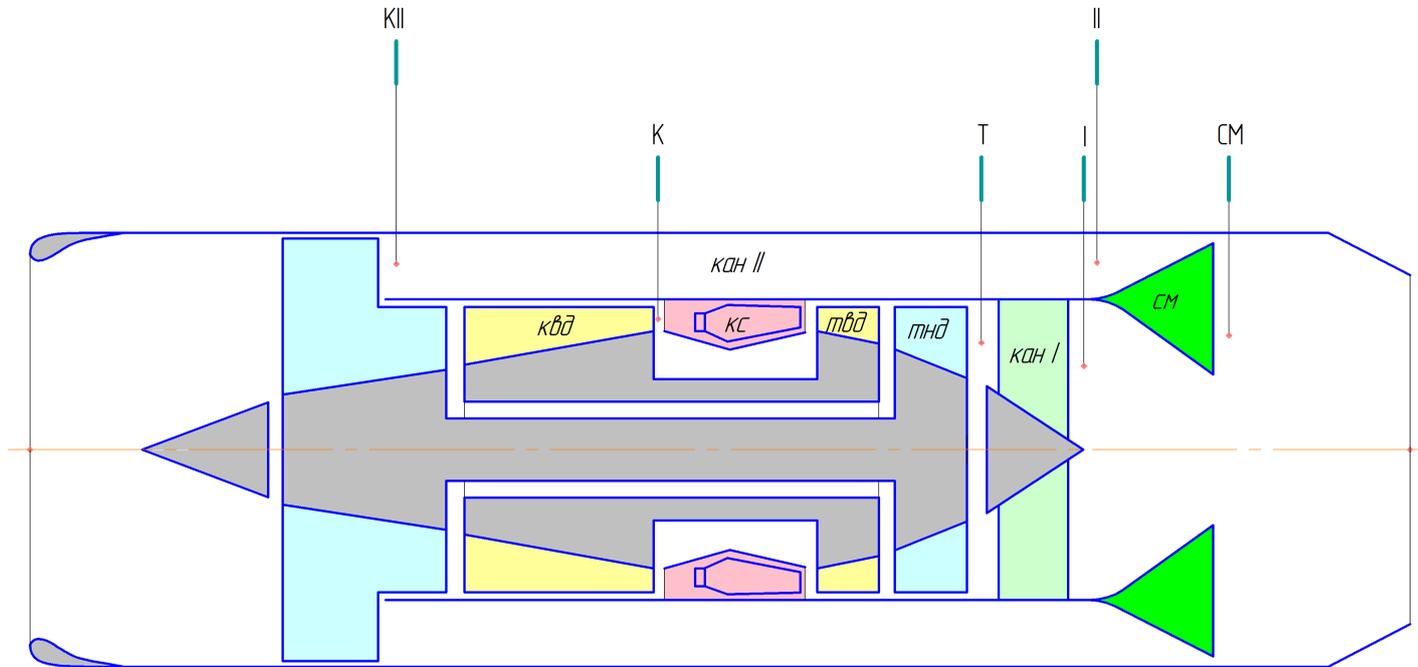
§ 2.7. Камера смешения

Камера смешения предназначена для смешения потоков внутреннего и наружного контуров.

Смешение позволяет снизить шум от выходной струи, так как оно исключает возможность взаимодействия за двигателем двух раздельно истекающих с высокой скоростью потоков, а за турбиной потоки смешиваются при относительно небольших скоростях. Кроме того, ТРДДсм имеют более низкий удельный расход топлива.



Расчетная схема



Исходные данные:

σ_I - коэффициент восстановления полного давления в канале внутреннего контура (задней опоре);

σ_{II} - коэффициент восстановления полного давления в канале наружного контура;

$\sigma_{см}$ - коэффициент восстановления полного давления в канале смесителя;

λ_I - приведенная скорость потока на выходе из внутреннего контура (0,3 ... 0,5).

Параметры на выходе из внутреннего контура:

$$T_I^* = T_T^* ;$$

$$p_I^* = p_T^* \cdot \sigma_I ;$$

$$v_I = v_T ;$$

$$G_I = G_T \cdot$$

Параметры на выходе из наружного контура:

$$T_{II}^* = T_{KII}^* ;$$

$$p_{II}^* = p_{KII}^* \cdot \sigma_{II} ;$$

$$G_{II} = G_{KII} \cdot$$

Расход смеси G_{CM} определяется по уравнению сохранения массы:

$$G_{CM} = G_I + G_{II}.$$

Коэффициент изменения массы рабочего тела на выходе из камеры смешения v_{CM} - отношение расхода рабочего тела в сечении камеры смешения CM и расхода рабочего тела в сечении на входе в компрессор В — определяется из предыдущего уравнения:

$$v_{CM} = \frac{G_{CM}}{G_B} = \frac{G_I}{G_K \cdot (1+m)} + \frac{G_{II}}{G_K \cdot (1+m)} = \frac{v_I + m}{1+m}.$$

Полная температура смеси T_{CM}^* определяется по уравнению сохранения энергии:

$$I_{\text{CM}}^* = I_{\text{I}}^* + I_{\text{II}}^* ;$$

$$i_{\text{CM}}^* \cdot G_{\text{CM}} = i_{\text{I}}^* \cdot G_{\text{I}} + i_{\text{II}}^* \cdot G_{\text{II}} ;$$

$$c_{p.z} \cdot T_{\text{CM}}^* \cdot G_{\text{CM}} = c_{p.z} \cdot T_{\text{I}}^* \cdot G_{\text{I}} + c_{p.в} \cdot T_{\text{II}}^* \cdot G_{\text{II}} ;$$

$$T_{\text{CM}}^* = \frac{c_{p.z} \cdot T_{\text{I}}^* \cdot \nu_{\text{I}} + c_{p.в} \cdot T_{\text{II}}^* \cdot m}{c_{p.z} \cdot (\nu_{\text{I}} + m)} .$$

При смешении потоков **температура осредняется по расходу рабочего тела.**

Полное давление на выходе из камеры смешения p_{CM}^* определяется на основании теоремы импульсов для сечений на входе в цилиндрическую камеру смешения и на выходе из нее. Так как в идеальном процессе смешения (при отсутствии гидравлических потерь) осевая составляющая равнодействующих внешних сил со стороны цилиндрической стенки равна нулю, то справедливо соотношение:

$$\Delta \Phi = \Phi_{CMs} - (\Phi_I + \Phi_{II}) = 0;$$

$$\Phi_{CMs} = (\Phi_I + \Phi_{II});$$

$$p_{CMs}^* \cdot F_{CM} \cdot f(\lambda_{CM}) = p_I^* \cdot F_I \cdot f(\lambda_I) + p_{II}^* \cdot F_{II} \cdot f(\lambda_{II}).$$

Для расчета p_{CMs}^* и λ_{CM} необходимо знать приведенную скорость потока λ_{II} , а также площади сечений F_I и F_{II} .

Приведенные скорости λ_I и λ_{II} на входе в камеру смешения связаны условием равенства статических давлений в сечениях I и II. Давления в этих сечениях равны, так как скорости потоков дозвуковые, а движение их предполагается прямолинейным:

$$p_I = p_{II};$$

$$\lambda_I \xrightarrow{\Gamma_{ДФ}} \pi(\lambda_I), q(\lambda_I);$$

$$\pi(\lambda_{II}) = \frac{p_I^*}{p_{II}^*} \cdot \pi(\lambda_I);$$

$$\pi(\lambda_{II}) \xrightarrow{\Gamma_{ДФ}} \lambda_{II}, q(\lambda_{II}).$$

Из уравнения расхода рабочего тела определяются площади характерных сечений F_I и F_{II} на входе в камеру смешения:

$$F_I = \frac{G_I \cdot \sqrt{T_I^*}}{m_2 \cdot p_I^* \cdot q(\lambda_I)};$$

$$F_{II} = \frac{G_{II} \cdot \sqrt{T_{II}^*}}{m_8 \cdot p_{II}^* \cdot q(\lambda_{II})}.$$

Площадь на выходе из цилиндрической камеры смешения

$$F_{CM} = F_I + F_{II}.$$

Приведенную скорость λ_{CM} можно определить по уравнению импульсов, выраженное через газодинамическую функцию $z(\lambda)$:

$$G_{\text{CM}} \cdot \hat{a}_{\text{CM}} \cdot z(\lambda_{\text{CM}}) = G_{\text{I}} \cdot \hat{a}_{\text{I}} \cdot z(\lambda_{\text{I}}) + G_{\text{II}} \cdot \hat{a}_{\text{II}} \cdot z(\lambda_{\text{II}}) ;$$

$$z(\lambda_{\text{CM}}) = \frac{G_{\text{I}} \cdot \hat{a}_{\text{I}} \cdot z(\lambda_{\text{I}}) + G_{\text{II}} \cdot \hat{a}_{\text{II}} \cdot z(\lambda_{\text{II}})}{G_{\text{CM}} \cdot \hat{a}_{\text{CM}}} ;$$

$$z(\lambda_{\text{CM}}) \stackrel{\text{ГДФ}}{\Rightarrow} \lambda_{\text{CM}}, f(\lambda_{\text{CM}}) .$$

Тогда, полное давление на выходе из камеры смешения определяется из уравнения импульсов, выраженное через газодинамическую функцию $f(\lambda)$:

$$p_{\text{CM}}^* = p_{\text{CMs}}^* \cdot \sigma_{\text{CM}} = \frac{p_{\text{I}}^* \cdot F_{\text{I}} \cdot f(\lambda_{\text{I}}) + p_{\text{II}}^* \cdot F_{\text{II}} \cdot f(\lambda_{\text{II}})}{F_{\text{CM}} \cdot f(\lambda_{\text{CM}})} \cdot \sigma_{\text{CM}} .$$

Если пренебречь изменением функции $f(\lambda)$, которая в диапазоне $\lambda_i=0,4 \dots 0,6$ изменяется незначительно

$$f(\lambda_I) \approx f(\lambda_{II}) \approx f(\lambda_{CM}),$$

то получим приближенную формулу для определения давления:

$$p_{CM}^* = \frac{p_I^* \cdot F_I + p_{II}^* \cdot F_{II}}{F_{CM}} \cdot \sigma_{CM}.$$

Физический смысл формулы прост: **давление осредняется по площади.**