



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 5. Анализ уравнений совместной работы узлов выполненного ТРДД

§ 5.8. Совместная работа всех узлов ТРДД

Из проделанного выше анализа совместной работы узлов двухвального ТРДД следует, что работа узлов взаимозависимая. Так, положение рабочей точки на характеристике воздухозаборника зависит от приведенной скорости λ_B , а следовательно и от положения рабочей точки на характеристике компрессора, которое зависит от степени понижения давления $\pi_{\text{ТНД}}^*$. Степень понижения давления $\pi_{\text{ТНД}}^*$ зависит от $\pi_{\text{ср}}$. А располагаемые степени понижения давления рабочего тела в соплах внутреннего и наружного контуров двигателя определяются на основании уравнений баланса давлений:

Уравнение баланса давлений для внутреннего контура:

$$\pi_{\text{ср}} = \frac{\pi_V \cdot \sigma_{\text{вх}} \cdot \pi_{\text{КНД}}^* \cdot \pi_{\text{КВД}}^* \cdot \sigma_{\text{КС}}}{\pi_{\text{ТВД}}^* \cdot \pi_{\text{ТНД}}^*} . \quad [12]$$

Уравнение баланса давлений для наружного контура:

$$\pi_{\text{срII}} = \pi_V \cdot \sigma_{\text{вх}} \cdot \pi_{\text{КII}}^* \cdot \sigma_{\text{II}} . \quad [13]$$

Выводы по уравнениям [12] и [13]:

1. Из уравнения [12] следует, что величина $\pi_{ср}$, а значит, и положение рабочей точки на характеристике сопла основного контура, зависит от числа M_{II} , положения рабочих точек на характеристиках воздухозаборника ($\sigma_{ВХ}$), компрессоров НД ($\pi_{кнд}^*$) и ВД ($\pi_{квд}^*$), камеры сгорания ($\sigma_{кС}$) и турбин ВД ($\pi_{твд}^*$) и НД ($\pi_{тнд}^*$).

2. Из уравнения [13] следует, что величина $\pi_{срII}$, а значит, и положение рабочей точки на характеристике сопла наружного контура, зависит от числа M_{II} , положения рабочих точек на характеристиках воздухозаборника ($\sigma_{ВХ}$), компрессора наружного контура ($\pi_{кII}^*$) и канала наружного контура (σ_{II}).

3. Для определения положения рабочих точек на характеристиках всех узлов (в первую очередь компрессоров) и выявления закономерностей совместной работы узлов необходимо все уравнения совместной работы решить совместно с учетом характеристик узлов.

Уравнения совместной работы узлов

двухвального ТРДД с раздельным истечением потоков и без подпорных ступеней

$$[1] \quad \varphi \cdot q(\lambda_{\text{п}}) = \sigma_{\text{вх}} \cdot \bar{F}_{\text{в}} \cdot q(\lambda_{\text{в}})$$

$$[2] \quad \pi_{\text{тнд}}^* \cdot \sqrt{1 - l_{\text{тнд}}} \cdot v_{(\text{CA.НД} - \text{C.КР})} = \frac{\mu_{\text{с}} q(\lambda_{\text{C.КР}}) \cdot F_{\text{C.КР}}}{\mu_{\text{са.нд}} q(\lambda_{\text{CA.НД}}) \cdot F_{\text{CA.НД}}}$$

$$[3] \quad \pi_{\text{твд}}^* \cdot \sqrt{1 - l_{\text{твд}}} \cdot v_{(\text{CA.ВД} - \text{CA.НД})} = \frac{\mu_{\text{са.нд}} q(\lambda_{\text{CA.НД}}) \cdot F_{\text{CA.НД}}}{\mu_{\text{са.вд}} q(\lambda_{\text{CA.ВД}}) \cdot F_{\text{CA.ВД}}}$$

$$[4] \quad q(\lambda_{\text{К}}) = \frac{1}{\sqrt{T_{\Gamma}^*/T_{\text{К}}^*}} \cdot \frac{\mu_{\text{са.вд}} q(\lambda_{\text{CA.ВД}}) \cdot F_{\text{CA.ВД}}}{F_{\text{К}}} \cdot \frac{\sigma_{\text{кс}}}{v_{(\text{К} - \text{CA.ВД})}} \cdot \frac{m_2}{m_6}$$

$$[5] \quad q(\lambda_{\text{ВВД}}) = q(\lambda_{\text{К}}) \cdot \frac{\pi_{\text{квд}}^*}{\sqrt{1 + l_{\text{квд}}}} \cdot \frac{F_{\text{К}}}{F_{\text{ВВД}}} \cdot \frac{1}{v_{(\text{ВВД} - \text{К})}}$$

$$[6] \quad q(\lambda_{\text{ВВД}}) = \frac{\pi_{\text{квд}}^*}{\sqrt{T_{\Gamma}^*/T_{\text{ВВД}}^*}} \cdot A, \\ A = \frac{\mu_{\text{са.вд}} q(\lambda_{\text{CA.ВД}}) \cdot F_{\text{CA.ВД}}}{F_{\text{ВВД}}} \cdot \frac{\sigma_{\text{кс}}}{v_{(\text{ВВД} - \text{CA.ВД})}} \cdot \frac{m_2}{m_6}$$

$$[7] \quad l_{\text{квд}} = \frac{T_{\Gamma}^*}{T_{\text{ВВД}}^*} \cdot l_{\text{твд}} \cdot B_{\text{вд}},$$

$$B_{\text{вд}} = \frac{c_{\text{рз}}}{c_{\text{рв}}} \cdot \eta_{\text{м.вд}} \cdot \eta_{\text{отб.вд}} \cdot v_{(\text{ВВД} - \text{CA.ВД})}$$

$$[8] \quad q(\lambda_{\text{ВВД}}) = \frac{\pi_{\text{квд}}^*}{\sqrt{l_{\text{квд}}}} \cdot A \cdot \sqrt{l_{\text{твд}}} \cdot B_{\text{вд}}$$

$$[9] \quad q(\lambda_{\text{В}}) = q(\lambda_{\text{ВВД}}) \cdot \frac{\pi_{\text{кнд}}^*}{\sqrt{1 + l_{\text{кнд}}}} \cdot (1 + m) \cdot \frac{F_{\text{ВВД}}}{F_{\text{В}}}$$

$$[10] \quad m = \frac{\mu_{\text{сII}} q(\lambda_{\text{C.КРII}}) \cdot F_{\text{C.КРII}}}{q(\lambda_{\text{ВВД}}) \cdot F_{\text{ВВД}}} \cdot \sigma_{\text{II}}$$

$$[11] \quad \frac{l_{\text{кнд}}}{1 + l_{\text{кнд}}} \cdot (1 + m) = \frac{T_{\Gamma}^*}{T_{\text{ВВД}}^*} \cdot (1 - l_{\text{твд}}) \cdot l_{\text{тнд}} \cdot B_{\text{нд}},$$

$$B_{\text{нд}} = \frac{c_{\text{рз}}}{c_{\text{рв}}} \cdot \eta_{\text{м.нд}} \cdot \eta_{\text{отб.нд}} \cdot v_{(\text{ВВД} - \text{CA.НД})}$$

$$[12] \quad \pi_{\text{ср}} = \frac{\pi_{\text{в}} \cdot \sigma_{\text{вх}} \cdot \pi_{\text{кнд}}^* \cdot \pi_{\text{квд}}^* \cdot \sigma_{\text{кс}}}{\pi_{\text{твд}}^* \cdot \pi_{\text{тнд}}^*}$$

$$[13] \quad \pi_{\text{срII}} = \pi_{\text{в}} \cdot \sigma_{\text{вх}} \cdot \pi_{\text{кII}}^* \cdot \sigma_{\text{II}}$$