



**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 7. Термодинамические основы управления ГТД

### § 7.5. Подобные режимы

Рассмотрим двухвальный ТРДД без подпорных ступеней с отдельным истечением потоков и одним управляющим фактором при сверхкритическом истечении газа из сопел ( $\lambda_{C.KP}=1$ ,  $\lambda_{C.KPII}=1$ ,  $\lambda_{CA.HD}=1$ ,  $\lambda_{CA.BD}=1$ ).

Тогда, вне зависимости от величин  $\pi_{cp}$  и  $\pi_{cpII}$  пропускные способности сопел будут постоянны и иметь вполне определенные значения, соответствующие диапазону сверхкритических режимов истечения:

$$\mu_c q(\lambda_{C.KP}), \mu_{cII} q(\lambda_{C.KPII}).$$

На основании уравнения [2] определяются параметры турбины HD и положение рабочей точки на характеристике THD:

$$\pi_{THD}^*, \eta_{THD}^*, l_{THD}, \mu_{ca.HD} q(\lambda_{CA.HD}), T_T^*/T_{ГHD}^*.$$

На основании уравнения [3] определяются параметры турбины BD и положение рабочей точки на характеристике ТВД:

$$\pi_{ТВД}^*, \eta_{ТВД}^*, l_{ТВД}, \mu_{ca.BD} q(\lambda_{CA.BD}), T_{ГHD}^*/T_{Г}^*.$$

Причем из условия сверхкритического истечения газа из сопла внутреннего контура одновременно следует вывод о постоянстве указанных параметров турбин ВД и НД, то есть они независимы от режима работы двигателя и внешних условий (но только до тех пор пока режим истечения газа из сопла внутреннего контура не перестанет быть сверхкритическим).

**При заданном**, например отношением температур  $T_{\Gamma}^*/T_{\text{ВД}}^*$ , положении рабочей точки на линии совместной работы на характеристике компрессора ВД определяются величины:

$$\pi_{\text{квд}}^*, q(\lambda_{\text{ВД}}), \eta_{\text{квд}}^*, l_{\text{квд}}, T_{\text{к}}^*/T_{\text{ВД}}^*, n_{\text{вд.пр.ВД}}.$$

По величинам  $T_{\Gamma}^*/T_{\text{ВД}}^*$ ,  $l_{\text{твд}}$ ,  $l_{\text{тнд}}$ ,  $q(\lambda_{\text{ВД}})$  определяются параметры компрессора НД и, соответственно, положение рабочей точки на характеристике компрессора НД:

$$\pi_{\text{кнд}}^*, q(\lambda_{\text{в}}), \eta_{\text{кнд}}^*, l_{\text{кнд}}, T_{\text{ВД}}^*/T_{\text{в}}^*, n_{\text{нд.пр}}, m.$$

Таким образом, для условий сверхкритического истечения газа из сопел перечисленные параметры турбокомпрессора однозначно определяются отношением температур  $T_{\Gamma}^*/T_{\text{ВВД}}^*$  и не зависят от числа  $M_{\Pi}$ .

**При** известной величине  $q(\lambda_{\text{В}})$  и **заданном значении**  $M_{\Pi}$  определяется положение рабочей точки на характеристике входного устройства, то есть значения  $\sigma_{\text{ВХ}}$  и  $\varphi$ , а также степень повышения давления  $\pi_{\text{V}}$ .

По уравнениям [12] и [13] рассчитываются располагаемые степени понижения давления в соплах  $\pi_{\text{ср}}$ ,  $\pi_{\text{срII}}$  которые определяют положение рабочих точек на характеристиках сопел.

Итак, при заданном положении рабочей точки на характеристике компрессора ВД и  $M_{\Pi} = \text{const}$  сохраняются неизменными положения рабочих точек на характеристиках всех узлов, а следовательно, степени повышения (понижения) давления, КПД узлов и значения  $\lambda_i$  в характерных сечениях проточной части.

Очевидно, что при этом сохраняются неизменными отношения полных давлений в двух произвольных сечениях  $p_i^*/p_j^*$ , в том числе отношение давления в любом сечении к давлению на входе в двигатель  $p_i^*/p_H^*$ .

То же самое справедливо и для отношений полных температур  $T_i^*/T_j^*$  и  $T_i^*/T_H^*$ .

**Подобные режимы** — режимы работы двигателя, на которых при  $M_{\Pi} = \text{idem}$  положение рабочих точек на характеристиках всех узлов одинаково. При этом одинаковыми являются приведенные скорости величины  $\lambda_i$ , отношения полных давлений  $p_i^*/p_j^*$  и полных температур  $T_i^*/T_j^*$  в любых произвольных сечениях, а отличия в абсолютных параметрах определяется отличием внешних условий.

Как известно, на подобных режимах обеспечивается геометрическое и кинематическое подобие. Под геометрическим подобием понимается равенство геометрических размеров проточной части. Кинематическое подобие предполагает подобие треугольников скоростей в любом  $i$ -м сечении. Геометрическое и кинематическое подобия обуславливают подобие физических процессов. Именно подобием физических процессов объясняется равенство КПД узлов и целого ряда других величин при работе двигателя на таких режимах.

Критериями подобия режимов работы ГТД являются число  $M_{\Pi}$  и любой параметр, который однозначно определяет положение рабочей точки на линии совместной работы, например отношение температур  $T_{\Gamma}^*/T_{\text{H}}^*$  или приведенная частота  $n_{\text{пр}}$ .