



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

§ 5.1. Совместная работа входного устройства и компрессора

Выполненный двигатель - двигатель с заданными площадями характерных сечений.

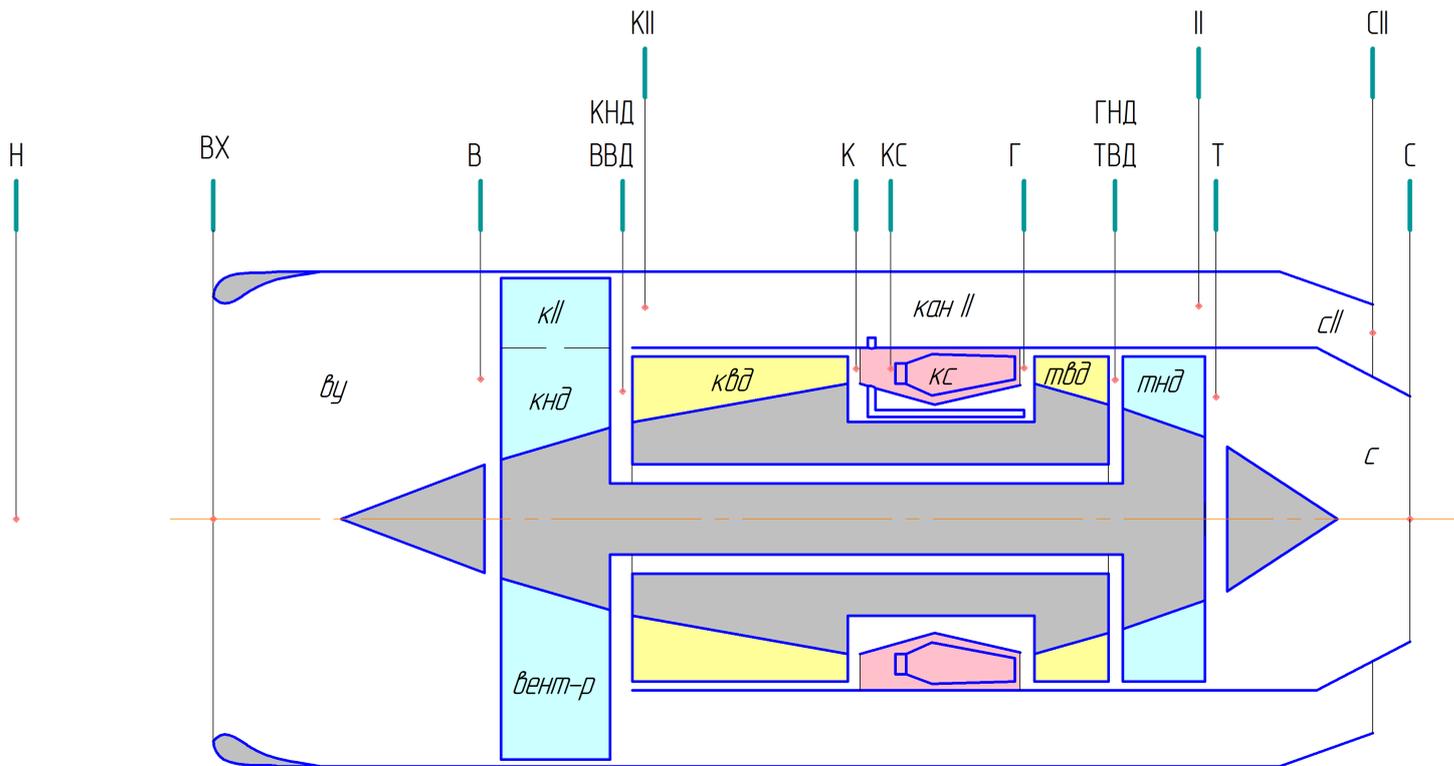
Такой двигатель может существовать в металле, может быть представлен чертежами, а может быть выполнен только его проектный термогазодинамический расчет, по результатам которого определены площади характерных сечений.

Характеристики двигателя – это зависимости тяги (мощности), расхода топлива, удельных и других параметров от режима работы или от внешних условий.

В случае **проектируемого двигателя** при анализе зависимости удельных параметров, например от температуры газа перед турбиной T_{Γ}^* , все другие параметры рабочего процесса, КПД узлов и коэффициенты потерь сохраняются неизменными, т.е. выполняется однофакторный анализ.

Для **выполненного двигателя** снижение температуры газа перед турбиной T_{Γ}^* , например за счет уменьшения расхода топлива, ведет к уменьшению работы, развиваемой турбиной, которая становится меньше работы, потребной для вращения компрессора. Это приводит к снижению частоты вращения ротора, степени повышения давления в компрессоре и расхода воздуха через двигатель. Уменьшаются скорости потока, осевые и окружные составляющие скоростей в проточной части компрессора и турбины, что приводит к изменению углов атаки на лопатках компрессора и турбины, а также к изменению КПД узлов и коэффициентов потерь. Следовательно, на выполненном двигателе все параметры изменяются **одновременно** и **взаимосвязано**. Поэтому анализ влияния различных факторов на удельные параметры выполненного двигателя существенно сложнее, чем для проектируемого.

Выведем и проанализируем уравнения совместной работы узлов на примере двухвального ТРДД с раздельным истечением потоков и без подпорных ступеней.



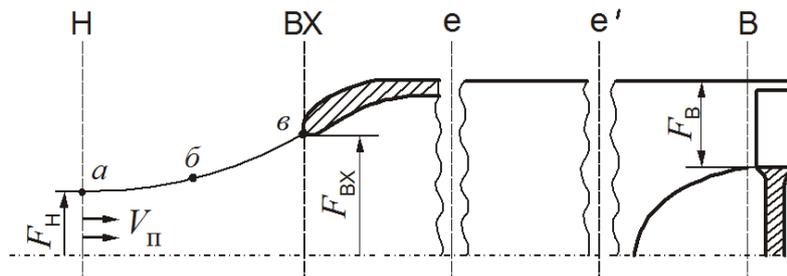
Примем допущение, что поле параметров на выходе из вентилятора равномерно, то есть степени повышения давлений во внутреннем и наружном контурах вентилятора, а также их КПД, одинаковы:

$$\pi_{\text{кнд}}^* = \pi_{\text{кп}}^* ;$$

$$\eta_{\text{кнд}}^* = \eta_{\text{кп}}^* ;$$

Совместная работа входного устройства и вентилятора подчиняется уравнению баланса расходов между сечениями Н и В:

$$G_H = G_B.$$



Расходы воздуха в сечениях Н и В выражаются через полные параметры потока:

$$\frac{m_e \cdot p_H^* \cdot F_H \cdot q(\lambda_{II})}{\sqrt{T_H^*}} = \frac{m_e \cdot p_B^* \cdot F_B \cdot q(\lambda_B)}{\sqrt{T_B^*}}.$$

После сокращений уравнение записывается в следующем виде:

$$F_H \cdot q(\lambda_{II}) = \sigma_{BX} \cdot F_B \cdot q(\lambda_B).$$

Поделив левую и правую части равенства на F_{BX} , получим

$$\frac{F_H}{F_{BX}} \cdot q(\lambda_{II}) = \sigma_{BX} \cdot \frac{F_B}{F_{BX}} \cdot q(\lambda_B).$$

Обозначим:

$$\varphi = \frac{F_H}{F_{BX}} \quad - \text{коэффициент расхода;}$$

$$\bar{F}_B = \frac{F_B}{F_{BX}} \quad - \text{относительная площадь входа в компрессор.}$$

С учетом обозначений уравнение примет окончательный вид.

Уравнение совместной работы входного устройства и вентилятора:

$$\varphi \cdot q(\lambda_{II}) = \sigma_{BX} \cdot \bar{F}_B \cdot q(\lambda_B). \quad [1]$$

Приведенные скорости λ_{Π} и λ_{B} задаются соответственно скоростью полета и режимом работы компрессора.

Относительная площадь входа \bar{F}_B для выполненного двигателя – величина постоянная.

В этом уравнении две неизвестные величины: коэффициент восстановления полного давления σ_{BX} и коэффициент расхода φ , который определяет расход воздуха через двигатель. Между ними существует дополнительная связь, накладываемая характеристикой входного устройства.

Выводы по уравнению [1]:

1. При работе двигателя с дозвуковым воздухозаборником, а также на докритических режимах работы сверхзвукового ВУ, величина $\sigma_{\text{ВХ}}$ сохраняется примерно постоянной, а режим работы компрессора определяет расход воздуха через двигатель и, соответственно, величину φ .

2. На сверхкритических режимах работы сверхзвукового ВУ расход воздуха определяется входным устройством, а $\sigma_{\text{ВХ}}$ определяется не гидравлическими и газодинамическими потерями, а условиями согласования узлов.