



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 4. Основные закономерности рабочего процесса ГТД

§ 4.8. Зависимости удельной тяги и удельного расхода топлива от параметров движителя

Влияние параметров движителя m , x на удельные параметры проанализируем при условии, что $T_{\Gamma}^* = \text{const}$, $\pi_{\Sigma} = \text{const}$, $V_{\Pi} = \text{const}$, $T_{\text{H}} = \text{const}$, $\eta_{\text{ож}} = \text{const}$, $\eta_{\text{p}} = \text{const}$, $\eta_{\text{II}} = \text{const}$ и $\eta_{\text{r}} = \text{const}$.

Так как три основных типа ГТД отличаются друг от друга именно параметрами движителя, то такой анализ означает сравнение удельных параметров различных типов ГТД. Подчеркнем, что критерии двигателя как тепловой машины (L_e , η_e , Q_1 , и др.) сохраняются при этом постоянными.

4.8.1. Зависимости удельной тяги и удельного расхода топлива от степени двухконтурности

С увеличением $m \uparrow$ коэффициент гидравлических потерь наружного контура (винта) уменьшается $\eta_{rII} \downarrow$ в соответствии с формулой

$$\eta_{rII} \downarrow = 1 - \frac{V_{\Pi}^2/2}{L_e} (1 - \eta_{II}) \cdot m \uparrow - x (1 - \eta_{II}).$$

Из соотношений

$$c_C \downarrow = \sqrt{\frac{2 \cdot L_e \cdot \eta_{rII} \downarrow}{1 + m \uparrow} + V_{\Pi}^2}, \quad P_{уд} \downarrow = c_C \downarrow - V_{\Pi}, \quad \eta_{\Pi} \uparrow = \frac{2}{c_C \downarrow / V_{\Pi} + 1}$$

вытекает, что с увеличением степени двухконтурности $m \uparrow$ скорость $c_C \downarrow$ и удельная тяга движителя $P_{уд} \downarrow$ уменьшаются, что объясняется увеличением доли рабочего тела $G_{ВII}$, к которому не подводится тепло, т.е. распределением энергии по большей массе рабочего тела. Это приводит к уменьшению потерь кинетической энергии с выходной скоростью и к увеличению полетного КПД $\eta_{\Pi} \uparrow$.

Таким образом, гидравлические потери растут, а потери кинетической энергии уменьшаются. Причем вначале преобладающее влияние на $\eta_{дж}$ оказывает полетный КПД $\eta_{п}$, а затем – коэффициент гидравлических потерь $\eta_{гII}$. Противоположное влияние двух факторов приводит к тому, что КПД двигателя $\eta_{дж} = \eta_{гII} \cdot \eta_{п}$ и удельная тяга $P_{удGI} = \eta_{дж} \cdot L_e / V_{п}$ по степени двухконтурности имеют максимум.

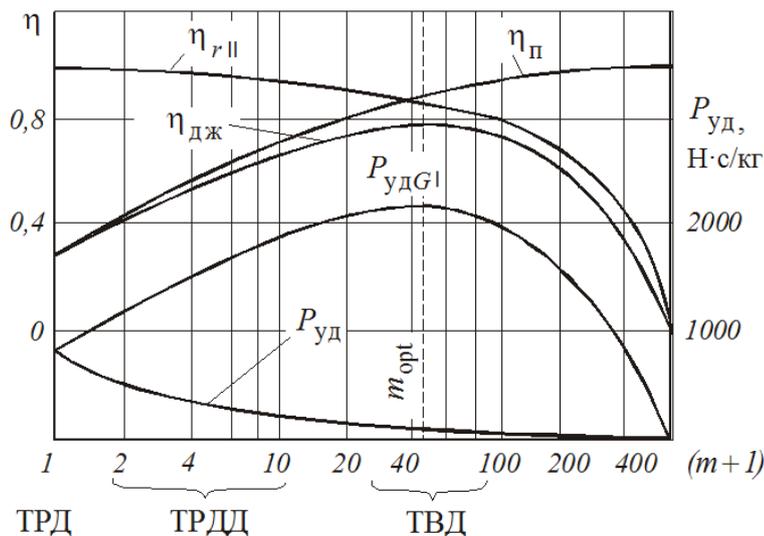


Рисунок - Зависимость удельных тяг

$P_{уд}$ и $P_{удGI}$ от m

Зависимость удельного расхода топлива $C_{уд}$ от параметров движителя легко проанализировать по формуле

$$C_{уд} = \frac{3600 \cdot q_m \cdot v_{КС}}{P_{удGI}}.$$

Числитель этой формулы при изменении m не изменяется, так как относительный расход топлива q_m зависит от параметров цикла, а от параметров движителя не зависит. Поэтому удельный расход топлива $C_{уд}$ в зависимости от степени двухконтурности m изменяется обратно пропорционально изменению удельной тяги $P_{удGI}$.

4.8.2. Зависимости удельной тяги и удельного расхода топлива от распределения энергии между контурами

В зависимости от доли работы цикла x , передаваемой в наружный контур, КПД двигателя $\eta_{дж}$ и удельная тяга $P_{удGI}$ имеет максимум.

Максимум $\eta_{дж}$ и $P_{удGI}$ при $x = x_{opt}$ возникает вследствие противоположного изменения полетных КПД внутреннего ($\eta_{пI}$) и наружного ($\eta_{пII}$) контуров. С увеличением x от 0 до оптимального значения $\eta_{дж}$ повышается благодаря преобладающему влиянию на него увеличения полетного КПД $\eta_{пI}$, т.е. вследствие доминирующего влияния снижения потерь кинетической энергии с выходной скоростью c_{CI} .

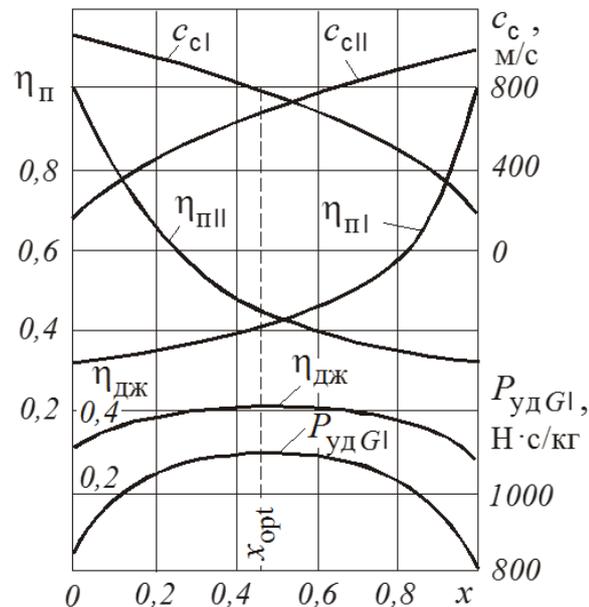


Рисунок - Зависимости удельной тяги $P_{удGI}$ от x

Увеличение x от оптимального значения до единицы приводит к снижению $\eta_{дж}$, что объясняется преобладающим влиянием на него уменьшения полетного КПД $\eta_{пII}$, т.е. доминирующим влиянием повышения потерь кинетической энергии с выходной скоростью c_{CII} .

Оптимальное распределение энергии между наружным и внутренним контурами близко к равномерному распределению энергии по массе рабочего тела в этих контурах. Оно отличается от равномерного только вследствие влияния дополнительных потерь, связанных с передачей энергии из внутреннего контура в наружный.

При равномерном распределении энергии, то есть при $x = x_{opt}$, отношение скоростей истечения из реактивных сопел наружного и внутреннего контуров ТРДД численно равно КПД наружного контура:

$$\left(\frac{c_{CII}}{c_{CI}} \right) = \eta_{II}.$$

В зависимости от x удельная тяга $P_{уд}$ будет изменяться прямо пропорционально, а $c_{уд}$ - обратно пропорционально изменению $P_{удGI}$.