



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.

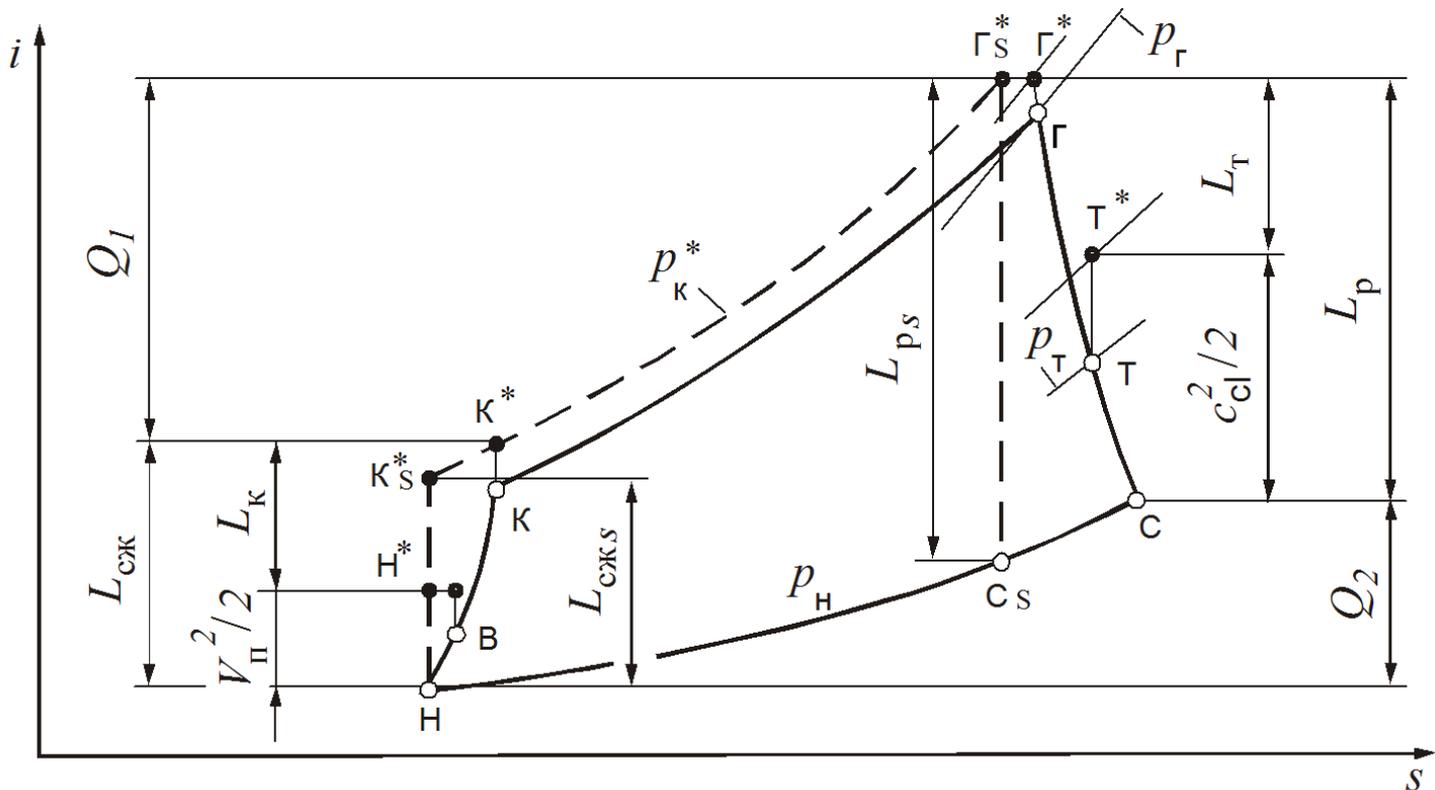
ОСНОВНЫЕ ЗАКОНОМЕРНОСТИ РАБОЧЕГО ПРОЦЕССА ГТД

§ 4.1. Диаграмма рабочего процесса основного контура ГТД в i -s координатах

Рабочий процесс ГТД наглядно иллюстрирует i - s -диаграмма. Если на ней провести линии $p = \text{const}$, $T = \text{const}$ ($i = \text{const}$) по значениям давления и температуры рабочего тела в характерных сечениях основного контура двигателя, то на пересечении получим точки, характеризующие состояние рабочего тела в этих сечениях. Соединив эти точки линиями, получим изображение цикла ГТД, состоящий из следующих процессов:

- H–B – динамическое сжатие воздуха в воздухозаборнике и перед ним за счет скоростного напора набегающего потока;
- B–K – механическое сжатие рабочего тела в компрессоре;
- K–Г – подвод тепла к рабочему телу в камере сгорания;
- Г–Т – расширение газа в турбине;
- Т–С – расширение газа в канале сопла;
- С–H – изобарический отвод тепла от выхлопных газов во внешнюю среду.

На i - s -диаграмму также можно нанести точки соответствующие полным параметрам рабочего тела в действительных и идеальных процессах .



$i-s$ -диаграмма рабочего процесса основного контура ГТД

На i - s -диаграмме отмечены следующие параметры:

- кинетическая энергия набегающего потока

$$\frac{V_{\text{п}}^2}{2} = i_{\text{Н}}^* - i_{\text{Н}};$$

- удельная работа сжатия воздуха в компрессоре

$$L_{\text{к}} = i_{\text{К}}^* - i_{\text{Н}}^*;$$

- тепло, подведенное к рабочему телу в камере сгорания,

$$Q_1 = i_{\text{Г}}^* - i_{\text{К}}^*;$$

- удельная работа расширения газа в турбине

$$L_{\text{т}} = i_{\text{Г}}^* - i_{\text{Т}}^*;$$

- кинетическую энергию газового потока, вытекающего из основного контура двигателя,

$$\frac{c_{\text{С}}^2}{2} = i_{\text{Т}}^* - i_{\text{С}};$$

- тепло, отведенное от рабочего тела в атмосферу,

$$Q_2 = i_{\text{С}} - i_{\text{Н}}.$$

Сложив величины $\frac{V_{\Pi}^2}{2}$ и $L_{\text{к}}$, получим условную величину, которую называют **суммарной работой сжатия**:

$$L_{\text{сж}} = \frac{V_{\Pi}^2}{2} + L_{\text{к}} = i_{\text{к}}^* - i_{\text{н}}.$$

Сложив величины $L_{\text{т}}$ и $c_{\text{с}}^2$, получим условную величину, которую называют **суммарной работой расширения**:

$$L_{\text{р}} = L_{\text{т}} + \frac{c_{\text{с}}^2}{2} = i_{\text{г}}^* - i_{\text{с}}.$$

Суммарным работам $L_{\text{сж}}$ и $L_{\text{р}}$ соответствуют объединенные процессы:

Н–К – сжатия воздуха в воздухозаборнике и компрессоре;

Г–С – расширения газа в турбине и в канале сопла.

Из *i-s*-диаграммы следует, что

$$L_{\text{сж}} + Q_1 = L_{\text{р}} + Q_2.$$

Данное равенство, по существу, является уравнением сохранения энергии.

По рассматриваемому циклу работают ТРД, ТРДД, ТВД и ГТД СТ.

Процесс подвода тепла в камере сгорания этих двигателей одинаков. Одинаков также и процесс отвода тепла в атмосферу. Не различаются эти двигатели и по характеру протекания процесса сжатия, хотя в воздухозаборнике он может протекать по-разному в зависимости от условий полета.

Процессы расширения газа в каждом из рассматриваемых двигателей имеют свои особенности. Они отличаются различным соотношением между работами расширения в турбине и в канале сопла, чему на $i-s$ -диаграмме соответствует различное расположение точки Т.

Работа турбины ТРД примерно равна работе компрессора, а степень понижения давления π_T^* меньше степени повышения давления π_K^* . Поэтому давление за турбиной выше атмосферного; соответственно расположена и точка Т.

На ТВД работа турбины больше работы компрессора, давление за турбиной близко к атмосферному. Для этого типа двигателя точка Т на $i-s$ -диаграмме лежит близко к точке С.

На ГТД СТ тяга сопла не используется, и выходное устройство выполняется обычно диффузорным, в нем происходит не расширение, а сжатие, $p_T < p_H$, и точка Т на i - s -диаграмме лежит ниже точки С.

Работа турбины ТРДД при прочих равных условиях больше L_T ТРД (часть работы турбины передается вентилятору наружного контура), но меньше L_T ТВД. Поэтому точка Т, отражающая параметры газа за турбиной ТРДД, занимает промежуточное положение, она тем ближе к точке Т, характеризующей ТВД, чем выше степень двухконтурности.