

УДК 51-74

А.В. Титов

к.т.н., профессор

Б.М. Осипов

к.т.н., профессор

Казанский государственный энергетический университет

г. Казань, Российская Федерация

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ КОМПРЕССОРА**Аннотация**

В статье изложен алгоритм расчета термогазодинамических параметров в математической модели компрессора.

Ключевые слова

Математическая модель, компрессор, газотурбинный двигатель.

В модуле «Компрессор первого уровня сложности» реализован алгоритм расчета процесса повышения давления (сжатия). Расчет процесса сжатия базируется на вычислениях энтальпии H , энтропии S и удельной теплоемкости c_p при постоянном давлении рабочего тела в зависимости от его температуры T и относительного количества топлива q_T по специально созданной подпрограмме [1]. Используемые в подпрограмме зависимости справедливы для расчета термодинамических свойств воздуха и продуктов сгорания «нормального» топлива для ГТЭУ (керосина) с $H = 0,15$ и $C = 0,85$ в диапазоне температур $T = 220 - 1800$ К и при $0 \leq q_T < 0,0669$ (т.е. $\infty \geq \alpha \geq 1$) [2,3]. Значения H и c_p мало зависят от давления рабочего тела, поэтому его можно не учитывать при давлениях обычно используемых в ГТЭУ. Значение энтропии сильно зависят от давления, поэтому рассчитывается только энтропия при нормальном давлении.

Таким образом, основными формулами для расчета процессов сжатия являются:

$$H = f(T, q_T); S = f(T, q_T); c_p = f(T, q_T); R = f(q_T);$$

а также формулы обратных функций: $T = f(H, q_T)$, $T = f(S, q_T)$.

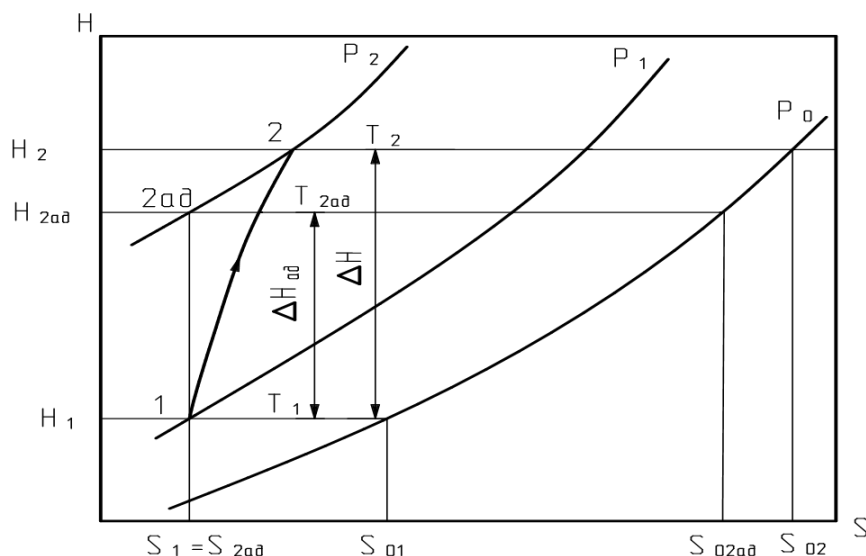


Рисунок 1

Процесс сжатия газа изображен на рис. 1. Обычно бывает заданной или берется с характеристик степень повышения давления π_k . По ней

$$P_2 = P_1 \cdot \pi_k.$$

$$R = f(q_T),$$

а затем энтропия после адиабатного сжатия

$$S_{2ад} = S_1 + R \cdot \ln \pi_k.$$

$$T_{2ад} = f(S_{2ад}, q_T),$$

$$H_{2ад} = f(T_{2ад}, q_T).$$

Используется понятие к.п.д. компрессора

$$\eta_k = \frac{H_{2ад} - H_1}{H_2 - H_1}$$

$$H_2 = H_1 + \frac{H_{2ад} - H_1}{\eta_k}$$

Температура рабочего тела и энтропия после сжатия

$$T_2 = f(H_2, q_T),$$

$$S_2 = f(T_2, q_T).$$

Потребная мощность компрессора

$$N_k = -(H_2 - H_1) \cdot G.$$

На этом расчет процесса сжатия заканчивается.

Расчет может быть выполнен как без характеристик (например, при решении задачи формирования облика двигателя) так и с характеристиками вида:

$$\begin{aligned} \overline{\pi_K^*} &= f(\overline{n_0}, k_\pi), & \overline{\pi_K^*} &= f(\overline{n_0}, k_\pi, \alpha), \\ \overline{\eta_K^*} &= f(\overline{n_0}, k_\pi), & \overline{\eta_K^*} &= f(\overline{n_0}, k_\pi, \alpha), \end{aligned} \quad \text{или}$$

В алгоритме заложена возможность отборов воздуха на различные нужды, в том числе и рассредоточенных, то есть из-за промежуточных ступеней.

Приведенные к стандартным атмосферным условиям характеристики компрессора уточняются в зависимости от изменения свойств рабочего тела, например, при учете влажности атмосферного воздуха [4,5].

Предусмотрена также возможность использования (или определения при решении задачи формирования облика) некоторых геометрических размеров.

Алгоритм применим для расчета как осевых, так и центробежных компрессоров с использованием соответствующих характеристик.

Допускается в схеме двигателя до пяти компрессоров в каждом контуре, находящихся на любом из пяти валов. Предусмотрена возможность коррекции характеристик при регулировании компрессора. Предусмотрена возможность расчета статистических параметров на входе и выходе МУ.

Список использованной литературы:

1. Осипов Б.М., Титов А.В., Хамматов А.Р. Исследование энергетических газотурбинных приводов на основе математических моделей. // Известия высших учебных заведений. Авиационная техника. 2010. № 1. С. 45-47
2. Осипов Б.М., Титов А.В., Хамматов А.Р. Инструментальная среда исследования газотурбинных установок // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2009. № 1. С. 22-25.
3. Титов А.В., Осипов Б.М., Хамматов А.Р., Желтухин В.И., Ахметов К.Н. Применение программного комплекса град для исследований стационарных энергетических установок. // Тяжелое машиностроение. 2009. № 6. С. 9-11.
4. Осипов Б.М., Титов А.В., Хамматов А.Р. Математическое моделирование в энергетическом аудите агрегатов с газотурбинным приводом. // Вестник Казанского государственного технического университета

им. А.Н. Туполева. 2008. № 3. С. 14-16.

5. Осипов Б.М., Осипов А.Б., Сафонов И.В., Титов А.В. Математическая модель ГТУ для исследования процесса запуска. // Вестник Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. 2005. № 3. С. 8-11.

© Титов А.В., Осипов Б.М., 2017

УДК 51-74

А.В. Титов

к.т.н., профессор

Б.М. Осипов

к.т.н., профессор

Казанский государственный энергетический университет

г. Казань, Российская Федерация

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ТУРБИНЫ

Аннотация

В статье изложен алгоритм расчета термогазодинамических параметров в математической модели турбины.

Ключевые слова

Математическая модель, турбина, газотурбинный двигатель.

В модуле «Турбина первого уровня сложности» реализован алгоритм расчета процесса расширения газа в турбине. Расчет процессов расширения базируется на вычислениях энтальпии H , энтропии S и удельной теплоемкости c_p при постоянном давлении рабочего тела в зависимости от его температуры T и относительного количества топлива q_T по специально созданной подпрограмме [1]. Таким образом, основными формулами для расчета процессов расширения и сжатия являются:

$$H = f(T, q_T), S = f(T, q_T), C_p = f(T, q_T), R = f(q_T),$$

а также формулы обратных функций: $T = f(H, q_T)$, $T = f(S, q_T)$.

Процесс расширения газа изображен на рис. 2 в координатах энтальпия–энтропия [2,3].

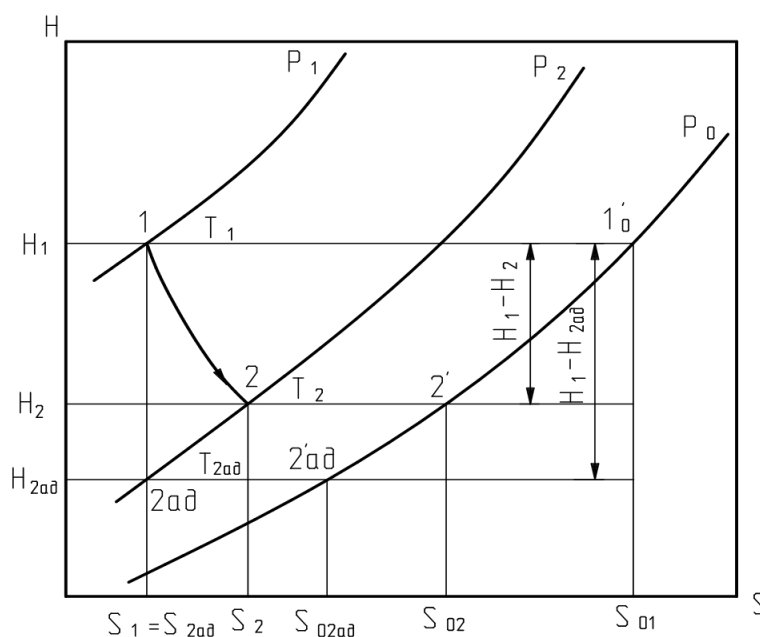


Рисунок 1