

2. Годлевский В.Е., Самохвалов В.П., Ключков Ю.С., Жадаев А.Н. Развитие методов стандартизации процессов системы менеджмента качества // Вектор науки Тольяттинского государственного университета, 2011. № 4. С. 352-355.

3. Ключков Ю.С. Синергетические основы систем менеджмента качества // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2009. Т. 11, №3-2. С. 454-463.

УДК 629.7.036.33(075.8)

МЕТОД ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО ОБЛИКА ТУРБОКОМПРЕССОРА МАЛОРАЗМЕРНЫХ ГАЗОТУРБИНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

©2016 В.С. Кузьмичев, И.Н. Крупенич

Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королёва

METHOD OF TURBOCOMPRESSOR REASONABLE CONCEPT FORMING OF A SMALL-SCALE GAS TURBINE ENGINE

Kuz'michev V.S., Krupenich I.N. (Samara National Research University, Samara, Russian Federation)

The article describes method of turbocompressor layout forming of a small-scale gas turbine engines, that includes four nested tasks: thermogasdynamic designing, structural and parametric optimization and turbocompressor parameters matching. Great structural diversity of small-scale engines makes the development of appropriate computer-aided systems a task of a high importance. Some problems associated with a conceptual design phase of a turbocompressor of a small-scale gas turbine engine has been also described.

В настоящее время малоразмерные газотурбинные двигатели (МГТД) приобретают всё большее распространение не только как двигатели стратегических крылатых ракет авиационного и морского базирования, но и в качестве силовых установок, предназначенных для авиамodelей и беспилотных самолётов, а также для лёгких административных, спортивных, туристических самолётов и винтокрылых летательных аппаратов.

Как известно, высокая эффективность эксплуатации двигателя во многом определяется качеством концептуального этапа его проектирования. Одной из ключевых задач, относящихся к этому этапу, является формирование рационального облика турбокомпрессора двигателя, поскольку его эффективность в значительной степени определяет эффективность двигателя в целом.

Обобщённая постановка задачи формирования облика турбокомпрессора формулируется следующим образом: необходимо найти комплекс схемных признаков (тип лопаточных машин, число роторов и т.п.) и конструктивно-геометрических параметров и соотношений (диаметральные размеры лопаточных машин, параметры, характеризующие аэродинамическую их нагруженность, частоты вращения роторов и т.п.), который

бы удовлетворял требованиям, предъявляемым к проектируемому двигателю и совокупности ограничений (как параметрических, так и функциональных), а также обеспечивал максимально возможную эффективность по совокупности критериев системы более высокого по отношению к турбокомпрессору уровня (двигателя, летательного аппарата, энергетической установки и т.п.). Задача формирования рационального облика турбокомпрессора математически может быть сформулирована следующим образом:

$$\Omega^* = \arg \left\{ \min_S \left[\min_X F(X, S) \right] \right\}$$

при условии $q_e(X, C) \leq 0, a_f \leq x_f \leq b_f$,

где $\Omega^* = \{X, S\}$ – множество искоемых параметров, $F(X, S)$ – целевая функция; $q_e(X, C)$ – заданные функциональные ограничения; a_f, b_f – ограничения на проектные переменные; $X = (x_1, x_2, \dots)$ – вектор оптимизируемых конструктивно-геометрических параметров; $S = (s_1, s_2, \dots)$ – множество конструктивных признаков, определяющих схему турбокомпрессора.

Целевая функция $F(X, S)$ может формироваться на основе совокупности значений частных критериев эффективности $Y = (y_1, y_2, \dots)$ как за счёт свёртки (аддитивной,

мультипликативной и т.п.), так и на основе некоторой стратегии оптимальности (например, широко используемого при решении технических задач минимаксного принципа оптимальности). При любом из этих подходов потребуется выполнить нормирование частных критериев $(\delta y_i = \rho_i (y_i - y_i^{base}) / y_i^{base})$ по оптимальному значению $(y_i^{base} = y_i^{opt})$ или по значению, указанному в ТЗ $(y_i^{base} = y_i^{TЗ})$ с учётом коэффициента значимости i -го критерия ρ_i .

Формирование рационального облика турбокомпрессора МГТД целесообразно декомпозировать и представить в виде ряда вложенных задач. Первая заключается в определении термогазодинамических параметров в характерных сечениях проточной части, а также удельных параметров лопаточных машин (то есть, в выборе параметров рабочего процесса двигателя и выполнении проектного термогазодинамического расчёта) – эти параметры являются исходными данными для проектирования турбокомпрессора и могут корректироваться, например, для изменения распределения энергии между каскадами многороторного двигателя. Для каждого варианта проектного расчёта необходимо решить вторую вложенную задачу – выбрать наиболее рациональную схему турбокомпрессора (типа турбомашин, числа роторов и т.п.), при этом очевидно, что этот выбор необходимо осуществлять на основе результатов оптимизации параметров турбо-

компрессора – которая является третьей вложенной задачей. Наконец, на каждом шаге параметрической оптимизации необходимо обеспечить согласование конструктивно-геометрических параметров турбокомпрессора (на основе решения системы нелинейных уравнений) – это четвёртая задача.

Для проведения оптимизационных расчётов необходимо выбрать критерии оптимизации, которые характеризуют, в соответствии с принципом системного подхода, эффективность системы более высокого уровня по отношению к турбокомпрессору – двигателю.

К числу схемных признаков турбокомпрессора МГТД относятся такие как число роторов, тип компрессора (осевой, диагональный, центробежный, осецентробежный) и турбины (осевая, радиальная), наличие системы регулирования направляющих аппаратов и перепуска воздуха, наличие переходных каналов между соседними лопаточными машинами, наличие редуктора между компрессором и приводящей его турбиной, тип камеры сгорания и многие другие. Многообразие возможных схемных решений турбокомпрессора делает прямой перебор возможных вариантов нецелесообразно трудоёмким.

Задачи синтеза структур проектируемых объектов относятся к наиболее трудно формализуемым. Существует ряд общих подходов к постановке этих задач, однако практическая реализация большинства из них не очевидна.

УДК 621.43

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЯВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОПРОВОДНОСТИ ПЛАМЕНИ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ И ДОВОДКЕ КАМЕР СГОРАНИЯ

©2016 А.П. Шайкин, П.В. Ивашин, И.Р. Галиев, А.Д. Дерячев, А.Я. Твердохлёбов

Тольяттинский государственный университет

USING THE FLAME ELECTRICAL CONDUCTION PHENOMENON FOR THE COMBUSTION CHAMBER DESIGNING

Shajkin A.P., Ivashin P.V., Galiev I.R., Deryachev A.D., Tverdohlebov A.J. (Togliatti State University, Togliatti, Russian Federation)

The experimental results has been showed that the logarithms of the average speed of flame propagation and average heat release rate is directly proportional to the logarithm of the electrical conductivity of the flame. Hence measuring the electrical conductivity of the flame can be used to analyze the local intensity of the combustion in the combustion chambers during their experimental finishing.