

параметров двигателя P , определенным в результате испытания.

В итоге формируется индивидуальная математическая модель исследуемого двигателя, согласованная с экспериментальными данными.

Подсистема документирования предназначена для составления протоколов испытаний и построения характеристик двигателя.

Подсистема визуализации процесса испытаний обеспечивает мультимедийную (графическую и звуковую) имитацию испытаний - шум двигателя, имитацию движения

рабочего тела по проточной части двигателя, графическое отображение измеряемых параметров и т.д.

Информационная подсистема предназначена для хранения исходных данных и результатов экспериментов в виде базы данных. Это позволяет использовать исходные данные и результаты проведенного ранее эксперимента или же провести эксперимент заново по уже использованной ранее модели ГТД.

Схема алгоритма работы виртуальной лаборатории испытаний ГТД представлена на рис. 3.

УДК 628.438

АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ТЕРМОГАЗОДИНАМИЧЕСКОГО РАСЧЕТА И АНАЛИЗА (АСТРА-4) ГАЗОТУРБИННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ УСТАНОВОК

Ткаченко А.Ю., Кузьмичёв В.С., Кулагин В.В., Крупенич И.Н., Рыбаков В.Н.

Самарский государственный аэрокосмический университет

COMPUTER-AIDED SYSTEM OF GAS TURBINE ENGINES AND POWERPLANTS THERMOGASDYNAMIC DESIGN AND ANALYSIS (ASTRA-4)

Tkachenko A.Y., Kuzmichev V.S., Kulagin V.V., Krupenich I.N., Rybakov V.N. Multipurpose computer-aided system of gas turbine engines and powerplants thermogasdynamic design and analysis is described. This system is an integrated environment for joint resolution of initial stage of engine designing tasks.

В современных условиях создание высокоэффективных газотурбинных двигателей для авиационной техники и энергетической промышленности невозможно без широкого применения математического моделирования и разработки универсальных моделей, позволяющих в комплексе решать задачи начального этапа проектирования двигателей.

На кафедре теории двигателей СГАУ разработана универсальная автоматизированная система термогазодинамического расчета и анализа (АСТРА-4) газотурбинных двигателей и энергетических установок, представляющая собой интегрированную среду для совместного решения всего круга задач начального этапа проектирования двигателей.

Основной целью разработки системы является повышение эффективности, сокращение времени создания двигателя и уменьшение стоимости его жизненного цикла.

Формирование математической модели исследуемого объекта и решаемой задачи в автоматизированной системе АСТРА-4 осуществляется по универсальным принципам. Математическая модель исследуемого объекта представляется в виде совокупности модулей расчета типовых элементов, которые взаимодействуют между собой путем передачи значений параметров. Математическая модель решаемой задачи формируется путем добавления к модели объекта модулей операций, которые осуществляют автоматическое определение последова-

тельности расчета и расчет элементов модели, согласование параметров объекта путем поиска решения системы нелинейных уравнений, многопараметрическую многокритериальную оптимизацию параметров и функции управления, моделирование процессов путем решения системы дифференциальных уравнений.

В отличие от многих подобных автоматизированных систем, в АСТРА-4 заложена возможность построения иерархических моделей сложных объектов и комплексных задач, когда элемент модели может, в свою очередь, являться системой более низкого уровня (подмоделью), тоже состоящей из нескольких элементов. Кроме того, в подмодель также можно включать различные операции. Данный подход обеспечивает автоматизированной системе возможности расчета сложных моделей и реализации любых численных методов расчетов, как формальных математических (например, метод Ньютона), так и основанных на физических закономерностях (например, подборе варьируемых параметров по уравнениям совместной работы узлов во вложенных итерационных циклах при расчете эксплуатационных характеристик).

Все операции по формированию математической модели решаемой задачи: добавление элементов и операций, задание связей между параметрами элементов, редактирование значений исходных данных и т.д., осуществляется в интерактивном режиме с помощью средств библиотеки «CARCAS» (рис. 1).

Автоматизированная система АСТРА-4 обладает следующими возможностями:

- формирование моделей газотурбинных двигателей и энергетических установок произвольных схем, в том числе со сложными и комбинированными циклами;
- использование характеристик узлов;
- расчет двигателей с одновременным подводом различных топлив;
- выполнение проектного расчета;
- расчет эксплуатационных характеристик

- оптимизация проектных параметров, в том числе и по самолетным критериям эффективности;

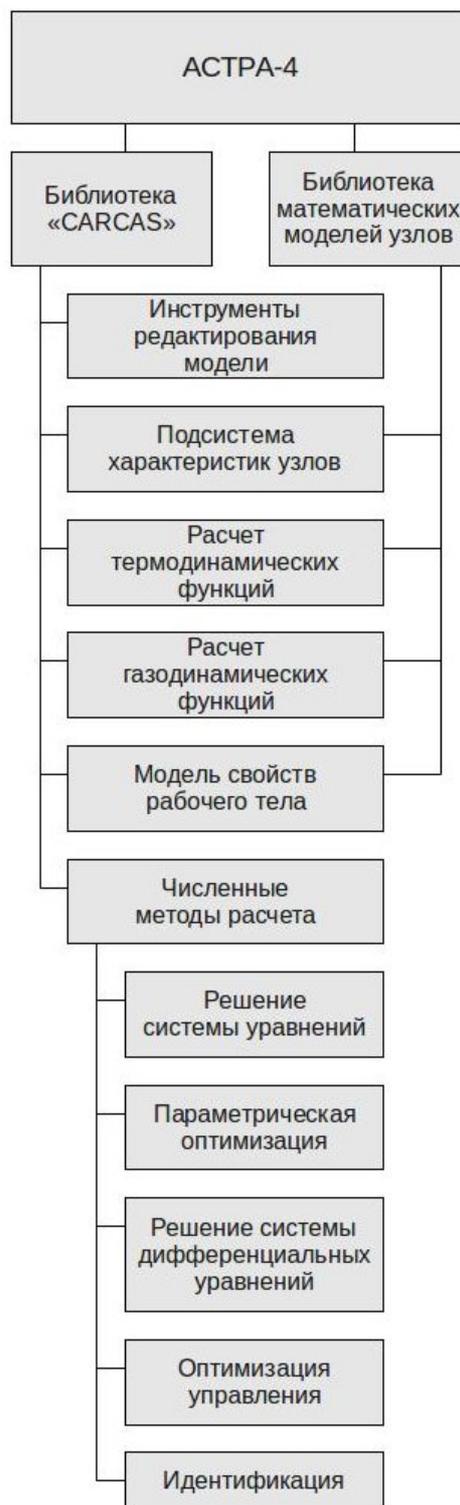


Рис. 1 – Структура программного комплекса АСТРА

- оптимизация эксплуатационных характеристик;
- оптимизация управления двигателем в системе летательного аппарата;

- расчет переходных режимов работы и динамических характеристик;
- идентификация параметров;
- моделирование полетного цикла;
- и т.д.

Таким образом, система АСТРА-4 является следующим шагом в разработке комплексной, универсальной автоматизированной системы, охватывающей весь цикл термогазодинамического проектирования газотурбинного двигателя, а также его термогазодинамической доводки.

УДК 629.7.036.33(075.8)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ НАГРУЖЕННОСТИ ТУРБИН И НАПОРНОСТИ КОМПРЕССОРОВ ТРДД НА ЕГО МАССУ

Кузьмичёв В.С., Крупенич И.Н., Кулагин В.В.

Самарский государственный аэрокосмический университет

INVESTIGATION OF TURBINE AND COMPRESSOR LOADING INFLUENCE ON BYPASS ENGINE MASS

Kuzmichev V.S., Krupenich I.N., Kulagin V.V. Influence of turbine and compressor loading of bypass engine turbocompressor on its mass is described.

В качестве объекта исследований рассматривается двухвальный ТРДД без подпорных ступеней типа CFM56-5B-8 с высокими параметрами рабочего процесса, большой степенью двухконтурности и величиной суммарного расхода воздуха через двигатель.

В качестве исходных данных при проектировании проточной части задавались результаты проектного термогазодинамического расчета, а также следующие параметры: число ступеней вентилятора, относительный втулочный диаметр на входе в вентилятор, коэффициент напора вентилятора по периферии, относительный втулочный диаметр на выходе КВД, средний коэффициент напора компрессора ВД, параметр нагрузки турбины ВД, число ступеней турбины ВД, материал рабочих лопаток турбины и коэффициент запаса прочности рабочих лопаток турбины ВД, параметр нагрузки турбины НД, число ступеней турбины НД. Форма проточной части всех элементов турбокомпрессора задавалась постоянством среднего диаметра.

Здесь и далее под относительной массой \overline{M}_i будем понимать отношение массы при текущем значении параметра к макси-

мальной массе в исследуемом диапазоне $\overline{M}_i = M_i / M_{\max}$.

С увеличением коэффициента напора вентилятора по периферии масса двигателя монотонно увеличивается, что объясняется уменьшением окружных скоростей вентилятора и соответствующим уменьшением частоты вращения каскада НД (поскольку число ступеней и геометрические параметры вентилятора заданы). Уменьшение частоты вращения приводит к росту габаритов и массы турбины НД, масса вентилятора при этом остается постоянной (рис. 1).

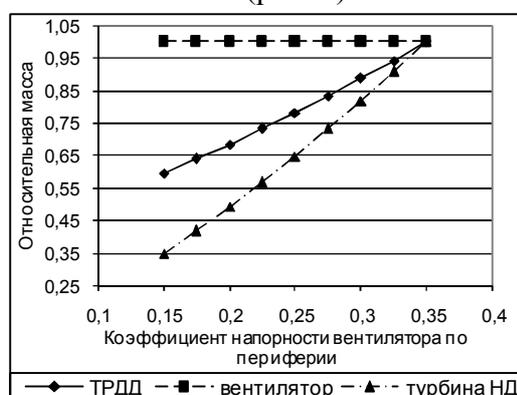


Рис. 1. Зависимость относительной массы двигателя, вентилятора и турбины НД от коэффициента напора вентилятора по периферии