

Ахмедзянов Д. А.

**МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ РАБОТЫ АВИАЦИОННЫХ ГТД
С ЭЛЕМЕНТАМИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ**

Адрес статьи: www.gramota.net/materials/1/2008/7/1.html

Статья опубликована в авторской редакции и отражает точку зрения автора(ов) по рассматриваемому вопросу.

Источник

Альманах современной науки и образования

Тамбов: Грамота, 2008. № 7 (14). С. 7-9. ISSN 1993-5552.

Адрес журнала: www.gramota.net/editions/1.html

Содержание данного номера журнала: www.gramota.net/materials/1/2008/7/

© Издательство "Грамота"

Информация о возможности публикации статей в журнале размещена на Интернет сайте издательства: www.gramota.net

Вопросы, связанные с публикациями научных материалов, редакция просит направлять на адрес: almanac@gramota.net

В настоящее время, в связи с созданием авиационных двигателей новых поколений, а также с повышением требований к эффективности процессов их проектирования и доводки, все больше внимания уделяется методам и средствам математического моделирования ГТД, их узлов, элементов систем управления и контроля двигателя [2]. Использование информационных технологий в существенной мере определяет успешность создания авиационных двигателей новых поколений.

Современный газотурбинный двигатель представляет собой сложную динамическую систему с взаимосвязанным влиянием механических, газодинамических, теплофизических и физико-химических процессов, протекающих в его узлах, элементах проточной части (ПЧ), элементах систем двигателя. Динамические характеристики двигателей являются одними из наиболее важных факторов, которые необходимо учитывать уже на стадии проектирования при определении рабочих режимов, при распределении работ по каскадам компрессора многовальных ГТД, при выборе законов управления и методов контроля [1, 2].

Автором разработана система имитационного моделирования (СИМ DVIGwr) работы авиационных ГТД (и ГТЭУ на их базе) в термогазодинамическом аспекте [3, 4], разработаны математические модели узлов двигателя, элементов управления (автоматики) и контроля, реализованные в СИМ DVIGwr и позволяющие моделировать, исследовать и прогнозировать различные режимы работы ГТД произвольных схем совместно с элементами их систем управления, при этом решать различные проектно-доводочные задачи.

Суть разработанного метода моделирования различных установившихся и неустойчивых режимов работы ГТД произвольных схем базируется на совокупности следующих принципов:

1) **модульность построения модели расчетной схемы:** представление моделируемого двигателя (установки) с системой автоматического управления и элементами контроля из связанных между собой информационными потоками модулей (Рис. 1) - моделей структурных элементов (СЭ) двигателя (входное устройство, компрессор, камера сгорания, турбина, реактивное сопло, отбор воздуха, потребитель мощности и т.д.), а также элементов САУ (регуляторы, исполнительные механизмы, датчики и т.д.) - такой подход позволяет осуществлять моделирование ГТД произвольных схем и описывать их автоматику;

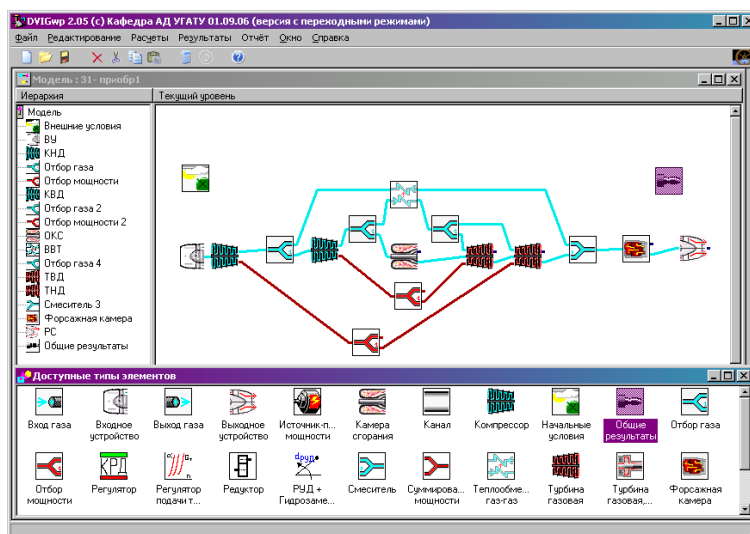


Рис. 1. Модульность построения и задание информационных потоков

2) **единая схема представления модулей (моделей СЭ):** задание входных данных и характеристик, алгоритма расчета и получение выходных данных (Рис. 2); при этом предложен оригинальный метод сетевого представления взаимосвязи параметров, в виде ориентированного графа, где ребра являются параметрами и функциями влияния, вершины - рекуррентными операторами, из которых состоит алгоритм СЭ;

3) **выполнение законов сохранения** (вещества, энергии, количества движения и т.д.) за счет задания в моделях СЭ специальных «портов» и унифицированных типов информационных потоков (газодинамического, механического и пр.), благодаря чему формируемые из моделей СЭ модели ГТД и их САУ тоже изображаются ориентированными графами;

4) **независимость и возможность вариации учета в модели различных факторов:** принцип позволяет вносить изменения и дополнения, связанные с необходимостью учета или уточнения новых факторов, изменять алгоритмы расчета модулей двигателя или элементов управления в зависимости от схемы двигателя, от условий и режимов работы, от требований, предъявляемых к динамике двигателя на различных режимах, от

особенностей рабочих процессов конкретных ГТД, при этом динамические свойства (функции) модели добавляются к статическим моделям независимо как дополнительные ребра и вершины в ориентированном графе и соответственно, как дополнительные рекуррентные операторы, не изменяя ранее отлаженную часть алгоритма СЭ;

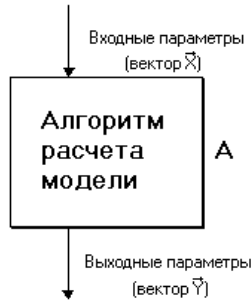


Рис. 2. Единая схема представления модулей (СЭ)

5) **решение произвольных проектно-доводочных задач путем задания условий моделирования:** для любой задачи в «законе расчета» среди параметров СЭ указываются функции цели - так называемые «поддерживаемые» параметры или комплексы (в т. ч. параметры и законы регулирования, законы изменения внешних воздействий и других условий) и варьируемые величины (константы или характеристики узлов двигателя, регуляторов, исполнительных механизмов САУ, датчиков и т.д.), за счет вариации и таблицы которых достигается выполнение функции цели (Рис. 3). Выполнение законов расчета реализуется с помощью решателя (процессора СИМ) с использованием методов многокритериальной оптимизации - останов происходит, когда каждый «поддерживаемый» параметр оказывается в заданной области, с заданной для него точностью [4].

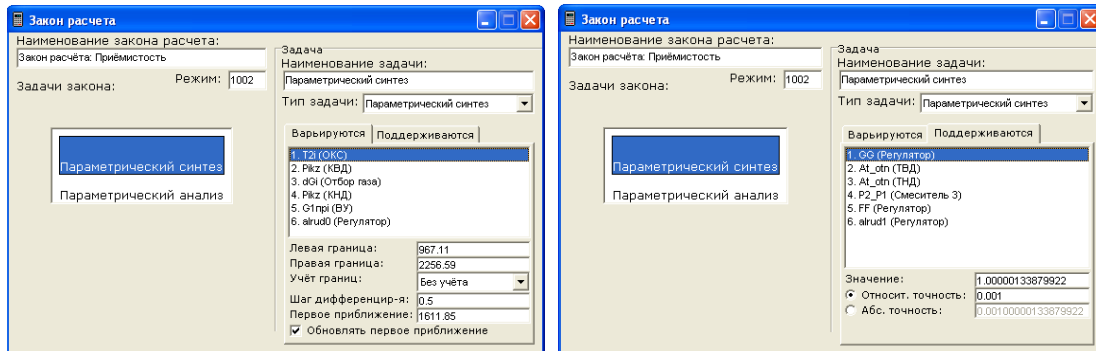


Рис. 3. Задание условий анализа в СИМ DVIGwp

Разработанные принципы легли в основу созданной системы имитационного моделирования (СИМ) DVIGwp, структура которой показана на Рис. 4.



Рис. 4. Структура СИМ DVIGwp

Разработанный универсальный метод моделирования различных установившихся и неустойчивых режимов работы двигателей и их систем управления включает:

1. Библиотеку моделей структурных элементов (СЭ) ГТД (входное устройство, компрессор, камера сгорания, турбина, сопло, выхлопной патрубок, смеситель, разделитель, переходный канал, пусковое устройство, форсажная камера сгорания и т.д.) и элементов систем управления (регуляторы, датчики и т.д.).

2. Препроцессор - обеспечивает синтез модели (структурный и параметрический), указание термогазодинамических, механических, гидравлических и др. связей (трассировка потоков), задание и редактирование параметров и характеристик СЭ, задание условий, реализующих заданную проектно-доводочную задачу (формализованное построение «закона расчета») в виде условий для задачи многовариантного, многокритериального анализа и (или) синтеза с табуляцией параметров - для решателя (процессора) СИМ.

3. Процессор (решатель СИМ) - обеспечивает последовательную активизацию моделей СЭ в соответствии с матрицей инцидентности ориентированного графа (с учетом трассировки потоков - связей СЭ), управление (по аналогии с регулятором в САУ) движением имитационной моделью от начальных условий к решению в соответствии с законом расчета (за счет вариации указанных варьируемых параметров и приведения «поддерживаемых» параметров в заданные области с заданной точностью). В процессоре имеется библиотека численных методов оптимизации (обычно используется метод Ньютона, а для интегрирования - метод Эйлера или Рунге-Кутты. Для учета накладываемых границ используется метод штрафных функций.

4. Постпроцессор - обеспечивает отображение и документирование результатов, в т. ч. в форматах обмена с другими приложениями.

5. Архив - обеспечивает хранение библиотек моделей ГТД и характеристик СЭ.

6. Редактор характеристик СЭ - обеспечивает задание, редактирование, доступ к характеристикам СЭ (элементов ГТД, их САУ) в табличном, графическом виде, задание в виде файлов и аналитических зависимостей.

СИМ DVIGwr является открытой системой и базируется на FrameWork САМСТО [2, 4], предназначенной для создания автономных приложений, ориентированных на моделирование различных технических объектов и систем, что дает возможность пользователю вносить добавления, изменения для решения конкретных задач, создавать новые СЭ и информационные потоки.

Таким образом, разработанная СИМ DVIGwr позволяет решать широкий круг проектно-доводочных задач: термогазодинамические расчеты, идентификацию моделей, расчеты характеристик; исследование свойств ГТД и их САУ на установившихся и неустойчивых режимах при различных внешних и внутренних воздействиях, в т.ч. нештатных ситуациях; научно-методическое сопровождение натуральных испытаний и отладки, выбор законов управления и параметров двигателя и элементов его управления.

Список использованной литературы

1. **Ахмедзянов, Д. А.** Система термогазодинамического моделирования газотурбинных двигателей на переходных режимах работы DVIGwr / Д. А. Ахмедзянов, И. А. Кривошеев, Е. С. Власова: Свидетельство № 2004610868. - Москва: Роспатент, 2004.

2. **Проектирование авиационных газотурбинных двигателей:** Учебник / Под общей ред. проф. А. М. Ахмедзянова. - М.: Машиностроение, 2000. - 454 с.

3. **Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок:** Учебник / Под общей ред. В. А. Сосунова, В. М. Чепкина. - М.: МАИ, 2003. - 688 с.

4. **Тунаков, А. П.** САПР авиационных ГТД / А. П. Тунаков, И. А. Кривошеев, Д. А. Ахмедзянов. - Уфа: УГАТУ, 2005. - 272 с.

АВТОКОЛЕБАНИЯ ЛОПАТОК КОМПРЕССОРА АВИАЦИОННЫХ ГТД

Ахмедзянов Д. А., Козловская А. Б.

Уфимский государственный авиационный технический университет

Работа выполнена в рамках гранта МД-256.2008.8

Автоколебания (флаттер) рабочих лопаток компрессоров является одной из основных причин, затрудняющих доводку, а в отдельных случаях, и ограничивающих режимы эксплуатации ГТД. Возникновение автоколебаний часто приводит к поломкам лопаток и, как следствие этого к тяжелым последствиям, как для компрессора, так и для двигателя в целом [1, 2].

При обтекании упругих тел, в частности лопаток турбомашин, установившимся потоком при определенных условиях возможен обмен энергией между потоком и телами. Если энергия отводится от колеблющегося тела в поток, то колебания будут затухать, и это явление называется аэродемпфированием. Если энергия от потока подводится к колеблющемуся телу, то могут возникнуть незатухающие колебания. Такого рода колебания, когда энергия черпается из постоянного источника (в данном случае установившегося потока), называются автоколебаниями. Применительно к крыльям самолета и лопаткам турбомашин такого рода автоколебания называют обычно флаттером. Следует подчеркнуть, что автоколебания принципиально отличаются от вынужденных колебаний, которые вызываются переменным во времени источником энергии,