

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА СБОРА ДАННЫХ ПРИ СТЕНДОВЫХ ИСПЫТАНИЯХ АВИАЦИОННЫХ ГТД

Петухов А. В.

ОАО «Уфимское моторостроительное производственное объединение», г. Уфа, Россия

В комплексе разнообразных задач, которые приходится решать при создании, производстве и эксплуатации авиационных двигателей, большое место принадлежит экспериментальным работам – испытаниям двигателя и его элементов.

Уже на начальной стадии разработки нового двигателя, после выбора типа, конструктивной схемы и некоторых основных параметров рабочего процесса, необходимо располагать надежными данными о реально достижимых значениях КПД и других параметров узлов и элементов проточной части, пределах жаропрочности применяемых материалов и т.д. Без этого газодинамические и прочностные расчеты проектируемого двигателя будут недостаточно обоснованными, что неизбежно проявится в ходе дальнейшей работы. Процесс получения, систематизации и анализа указанных данных создает необходимый научно-технический задел и является важной частью всей авиационной науки.

Стендовые испытания двигателей предназначены как для проведения контроля работоспособности готовых изделий, так и для их настройки и регулировки с целью получения заданных параметров. При этом испытания ГТД проводятся с применением передовых информационных технологий, поскольку информационные пространства предприятий, участвующих в разработке, производстве и эксплуатации ГТД в настоящее время достаточно полно структурированы и компьютеризированы (автоматизированы). Основной проблемой современных систем измерения параметров ГТД, решаемой учеными и специалистами крупнейших двигателестроительных корпораций, является создание системы искусственного интеллекта, которая сможет полностью контролировать процесс проведения испытаний ГТД, осуществлять настройки, регулировки и т.д. Автоматизация испытаний двигателей подразумевает подготовку, управление, контроль, обработку, анализ и оформление результатов испытаний, выполняемые автоматическими устройствами, приборами и ЭВМ. Передача автоматам (устройствам, самостоятельно действующим по оптимальной программе) функций, ранее выполнявшихся человеком, – основа развития и современная тенденция двигателестроения.

Цель автоматизации испытаний (полностью автоматизированных испытаний) заключается в органичном включении этого важного этапа жизненного цикла двигателей в общую непрерывную систему автоматизированного производства, эксплуатации и ремонта. Это должно привести к повышению качества двигателей, уменьшению сроков создания и материальных затрат.

Автоматизация испытаний ГТД предусматривает, в первую очередь, внедрение и использование измерительно-вычислительного комплекса (ИВК), автоматизирующего измерения (контроль) и обработку информации в темпе эксперимента. ИВК могут использоваться на всех действующих стендах практически без их конструктивного изменения. Приведенная точность измерения основных параметров ГТД задается ГОСТом в интервале 0,1...0,5%. Она определяется случайным отклонением регулирующего элемента от оптимального положения по требованиям ТУ и погрешностями измерения, приведения к САУ (стандартные атмосферные условия) и используемой методики вторичной обработки. Применение ИВК позволяет повысить точность оценки параметров ГТД и, как следствие, минимизировать суммарное отклонение регулируемого (при опытных и заводских испытаниях) параметра от его номинального значения.

До середины 70-х годов XX века при проведении стендовых испытаний газотурбинных двигателей для измерения параметров применялись механические указатели, осциллографы, различные устройства сигнализации. Метрологические

характеристики таких устройств не позволяли измерять параметры двигателя с высокой точностью. Большое количество операций, выполняемых испытателями двигателей при определении расчетных параметров двигателя приводило к увеличению длительности испытаний.

С 80-х годов в СССР начали появляться и совершенствоваться автоматизированные системы измерения (АСИ) – прообраз современных автоматизированных информационно – измерительных систем (АИИС). Они предназначались для получения сигналов с различных датчиков, как штатных (находящихся на двигателе), так и стендовых, их обработки и выдачи готовых параметров на индикаторы. Появление АСИ позволило упростить процесс расчета параметров двигателей, снизить нагрузку на испытателей, повысить точность измерений. С развитием компьютерной техники появилась возможность соединения АСИ с компьютером, что позволило сохранять некоторые параметры двигателей в электронном варианте, а также производить печать параметров двигателей с помощью обычных офисных принтеров, что еще больше упростило процесс расчета параметров двигателей.

Для современных авиационных двигателей существенно повысились требования к снижению их вредного воздействия на окружающую среду, в несколько раз возросла стоимость опытных образцов двигателей и проведения их испытаний. Все это потребовало внедрения новых средств и методов испытаний, стендов и установок, информационно-измерительной аппаратуры, обеспечивающих увеличение объема и точности получаемой информации, приближение испытаний к реальным условиям эксплуатации, снижение длительности испытаний.

В настоящее время необходимо все более точно диагностировать состояние конкретного ГТД с использованием возрастающего числа учитываемых факторов. Увеличение интенсивности потоков измерительной информации вследствие роста числа измеряемых величин и частоты измерений, например, при исследовании переходных процессов, стало одним из главных условий для обоснованного принятия решений при анализе сложных технических устройств. Измерительно-вычислительный комплекс обеспечивает постоянное увеличение объема экспериментальной информации, также рост ее точности и достоверности. Однако необходимо оптимизировать интенсивность потоков измерительной информации, чтобы ИВК не утратил возможности работать в темпе эксперимента.

Следующий шаг в совершенствовании испытательной аппаратуры связан с внедрением принципа комплексной автоматизации испытаний ГТД, которая должна охватывать все основные типы испытательных работ и реализовать требуемые алгоритмы испытаний, что позволяет увеличить эффективность и информативность испытаний. Реализация этого принципа предусматривает, что АИИС должна управлять стендом и ГТД, проводить необходимые измерения, обработку и анализ результатов испытаний в темпе эксперимента, а также отладку характеристик ГТД с помощью дистанционного управления положением его регулирующих элементов. Комплексная автоматизация испытаний ГТД предъявляет к стенду и методике испытаний специфические требования, главное из которых – наличие технически реализуемого алгоритма функционирования стендовых систем и процедур испытания или отладки ГТД.

В самом простом виде работа АИИС может быть представлена схемой, приведенной на рис.1.



Рис.1. Типовая схема работы автоматизированной информационно – измерительной системы

Сигналы от первичных преобразователей в определенные моменты времени, задаваемые устройством опроса (мультиплексором), поступают на вход преобразователя сигнал-код. В его выходном регистре формируются значения измеренных первичными преобразователями физических величин в виде цифровых записей (цифрового кода), готовых к обработке на ЭВМ. Непосредственно после окончания измерения данные, сгруппированные в блоки, поступают в оперативную память ЭВМ (в центральный процессор) на обработку в темпе эксперимента.

Результаты обработки передаются на устройства отображения информации, находящиеся на пульте стенда, так что экспериментатор в зависимости от получаемых результатов может принять обоснованное решение о ходе дальнейших испытаний.

Включение в состав испытательного стенда аппаратуры ИВК, обрабатывающей экспериментальные данные в темпе эксперимента, позволяет полностью исключить «ручную» обработку измерительной информации, в результате чего удастся избежать субъективных ошибок и значительно снизить затраты времени и средств на испытания и экспериментальную доводку ГТД.

Выбор режимов работы двигателя и стенда производится под управлением программы по результатам анализа текущих измерений. Управляющие сигналы поступают на регулирующие органы стенда через преобразователи код - сигнал. В управляющей программе используются математические модели объекта исследований и стенда, а также цифровая (и текстовая) информация из банков данных. В результате ЭВМ становится главным звеном типовой автоматизированной системы испытаний.

Реализация типовых задач АИИС предусматривает выполнение следующих специфических операций:

- 1) считывание аналоговых сигналов и преобразование их в цифровую форму;
- 2) преобразование цифровых значений в аналоговый сигнал (напряжение) и передача его на исполнительные устройства;
- 3) считывание информации с внешних стандартных цифровых устройств;
- 4) передача цифровых кодов на внешние устройства;

5) точный отсчет временных интервалов.

Характерными примерами современных отечественных систем автоматизации испытаний могут служить стенды, спроектированные на ОАО «ММП им. В.В. Чернышёва» и ОАО «УМПО».

Внедрённая научно-производственным предприятием «МЕРА» на заводе им. Чернышёва АСУТП ИС отвечает следующим требованиям, предъявляемым к современному измерительному оборудованию, работающему в условиях стендовых испытаний:

- совместимость с широкой номенклатурой датчиков;
- возможность интеграции подсистем измерения статических и динамических параметров в единый комплекс;
- возможность без существенных материальных и временных затрат наращивать количество и номенклатуру измерительных каналов, а также функциональные возможности программного обеспечения;
- открытость и модульность архитектуры аппаратных и программных средств;
- стандартизация форматов обмена измерительной информацией;
- надёжность и стабильность работы, высокие показатели ремонтпригодности, что особенно важно при испытаниях объектов авиационно-космического назначения;
- высокие метрологические характеристики;
- наглядность и оперативность получения отчётной информации по испытаниям;
- высокая рентабельность за счёт сохранения эксплуатационных свойств в течение длительного периода эксплуатации;
- доступность и качество гарантийного и послегарантийного обслуживания.

АСУТП ИС обладает следующими функциональными возможностями:

- автоматизированная проверка готовности системы и технологических систем стенда к испытанию двигателей, контроль работоспособности систем стенда, управляющих запуском и режимами работы двигателей;

• автоматизированная подготовка и управление технологическими системами стенда:

- топливной;
- масляной;
- загрузки гидронасосов;
- загрузки генераторов;
- кислородной;
- отбора воздуха;
- силоизмерительной;
- системой перепуска воздуха и двигателем подогрева воздуха на режимах с

подогревом воздуха;

- автоматизированное выполнение циклограммы испытания двигателя;
- автоматизированное измерение параметров испытываемого двигателя;
- автоматизированная обработка измеряемых параметров;
- осциллографирование параметров переменных режимов работы двигателя;
- отображение параметров испытываемого двигателя на видеомониторах;
- отображение состояния систем двигателя;
- отображение состояния технологических систем испытательного стенда;
- сигнализация предаварийных и аварийных значений параметров на видеомониторах;
- автоматизированное формирование печатного протокола испытаний в соответствии с требованиями программы испытаний.

АСУТП ИС является гибкой системой и может адаптироваться к изменениям технологических требований. Системы сбора данных (ССД) АСУТП ИС реализованы на базе многоканальных комплексов МІС-400R, регистрирующих измерительную

информацию, поступающую от датчиков, расположенных на испытываемом изделии. Кабельные линии от датчиков проведены в кроссировочные шкафы, где находятся быстроразъёмные клеммные соединения и модули-нормализаторы сигналов, далее информация поступает по унифицированным линиям связи к комплексам МИС-400. Зарегистрированные и первично обработанные на ССД измерительные данные передаются по локальной сети на автоматизированную систему управления двигателем (АСУД), автоматизированную систему управления технологическими системами (АСУТ) и автоматизированную информационно-измерительную систему (АИИС). Одной из основных частей АСУТП ИС также является специализированное программное обеспечение.

В свою очередь информационно-измерительная система для автоматизации испытаний двигателей АЛ-55И, созданная специалистами отдела АСУТП ОАО «УМПО» в 2008 году, выполняет следующие функции:

- измерение параметров двигателя и стендовых систем в реальном масштабе времени: общее количество аналоговых измерительных каналов АИИС составляет 380, число команд дискретного ввода – 90, число команд дискретного вывода - 170;

- измерение быстроменяющихся сигналов в частотном диапазоне от 10 Гц и до 50 кГц. (24 измерительных канала).

- обработка сигналов с датчиков типа ДБСКТ (датчики синусно-косинусного положения);

- работа с цифровыми каналами передачи информации из встроенных электронных систем управления двигателем по различным протоколам (ARINC, CAN);

- оценка расчетных (приведенных, отнесенных, газодинамических) параметров в темпе испытаний на установившихся режимах работы двигателя;

- оценка динамических параметров двигателя (приемистость, сбросы, включения, выключения специальных режимов работы) в темпе испытания;

- отображение измеряемых и расчетных параметров в текстовом и графическом виде;

- аварийное слежение за особо ответственными параметрами двигателя, оперативное предупреждение испытателя о приближении аварийной ситуации;

- ведение баз данных испытаний, запись и хранение значений параметров двигателя в ходе всех испытаний и далее сохранение этой информации в долговременных архивах;

- управление технологическими системами испытательного стенда как в автоматизированном, так и в автоматическом режимах;

- выполнение градуировок и исследований метрологических характеристик измерительных каналов.

Аппаратная часть АИИС реализована на базе промышленных компьютеров, интерфейсов и плат ввода вывода фирмы Advantech, интеллектуальных контроллеров, модулей нормализации и модулей дискретного ввода-вывода фирмы Dadaforth. АИИС состоит из четырех промышленных компьютеров объединенных дублированной сетью Ethernet. Вся аппаратная часть АИИС смонтирована в трех промышленных шкафах-стойках Schroff.

Программная часть АИИС реализована на базе операционной системы жесткого реального времени QNX. Данная операционная система обеспечивает многозадачный режим работы прикладных программ с поддержкой приоритетной диспетчеризации задач. Операционная система (ОС) QNX поддерживает механизм обмена сообщениями между задачами, в том числе между задачами, работающими на разных узлах сети.

Межзадачные сообщения в ОС QNX позволяют строить взаимодействие задач по известной технологии клиент-сервер. Причем для прикладной программы не важно, расположена ли задача, с которой ведется обмен сообщениями, на том же компьютере (узле) или на любом другом узле сети QNX. Задачи-клиенты шлют сообщения известного формата задачам-серверам и в ответ получают сообщения с нужными им данными. Таким

образом, объединенные в сеть компьютеры образуют единую многопроцессорную информационно-измерительную систему.

Дальнейшие пути совершенствования автоматизированных систем испытания двигателей связаны с разработкой методов интеллектуальной обработки измерительной информации, базирующихся на предлагаемом подходе к автоматическому выявлению аномальных и преданомальных ситуаций в рамках создания единой OLAP-системы.