

Чтобы «что-то» хорошо летало, нужно это «что-то» хорошо испытать!



Михаил Перцовский,
директор
ООО «Лаборатория
автоматизированных
систем (АС)»,
кандидат физико-
математических наук

Ранее на страницах журнала «Аэрокосмический курьер» уже публиковались статьи о стратегии технического перевооружения и модернизации испытательной базы предприятий авиационной и ракетно-космической промышленности с использованием опыта разработок и внедрений компании «Лаборатория автоматизированных систем (АС)».

Состояние испытательной базы отрасли в настоящее время не отвечает требованиям разрабатываемых изделий. В первую очередь это касается скорости обработки потока измеряемой информации, количества контролируемых параметров и времени реакции на события, управления стендовым технологическим оборудованием и процессом испытаний при наземной экспериментальной отработке изделий. Это несоответствие возможностей разрабатываемых изделий и тактико-технических характеристик, используемых при испытаниях стендов, не позволяет обеспечить должный уровень безаварийности РКТ. Для того, чтобы добиться практически полной безаварийности изделия, необходимо использовать испытательные системы нового поколения, созданные на базе перспективных средств и технологий автоматизации. Новые методы диагностики, применяемые в ходе стендовых технологических испытаний, дают оперативную оценку состояния изделия на всех этапах его жизненного цикла.

Развитие соответствующих технологий является сегодня государственной задачей.

В постановлении Правительства РФ от 22 ноября 2006 г., №706-32 о развитии оборонно-промышленного комплекса определена разработка базовой технологии создания унифицированной интегрированной системы измерений при наземной экспериментальной отработке прочности, динамики, аэрогазодинамики и тепломассообмена БРТ и РКТ, управления стендовым технологическим и процессом технологических испытаний агрегатов ЖРД.

Современные информационные технологии позволяют быстро, практически не выводя используемое оборудование из цикла текущих работ, и в разумных рамках финансирования добиться соответствия имеющегося испытательного оборудования требованиям модернизации. Опыт внедрения на ряде предприятий отрасли описанных ранее методов и средств показал их высокую эффективность. Переход к комплексным решениям позволяет качественно повысить уровень использования стендового оборудования на основе единой архитектуры и многоуровневой организации информационной среды испытательной базы предприятия в целом. Такая комплексная система была применена в ходе крупномасштабных огневых испытаний ЖРД на испытательной базе Научно-исследовательского центра ракетно-космической промышленности (НИЦ РКП). При ее разработке использованы основные принципы, изложенные в предыдущих публикациях, с учетом ряда практических рекомендаций.

Цель модернизации стендов состоит в обеспечении проведения доводочных, подтверждающих и специальных периодических, сертификационных, в том числе ресурсных, испытаний ЖРД с реактивной силой тяги до 100 кН (10 т.с.) в высотных условиях, имитируемых барокамерой и газодинамическим выхлопным трактом. Существующие системы измерения и управления морально и физически устарели, не обеспечивают требований по номенклату-

Алексей Ртищев,
главный конструктор
ООО «Лаборатория
автоматизированных
систем (АС)»



ре, точности, динамическим диапазонам и пропускной способности, функционально не приспособлены к выполнению задач интенсивной и эффективной обработки, проведения сертификационных испытаний высотных двигателей.

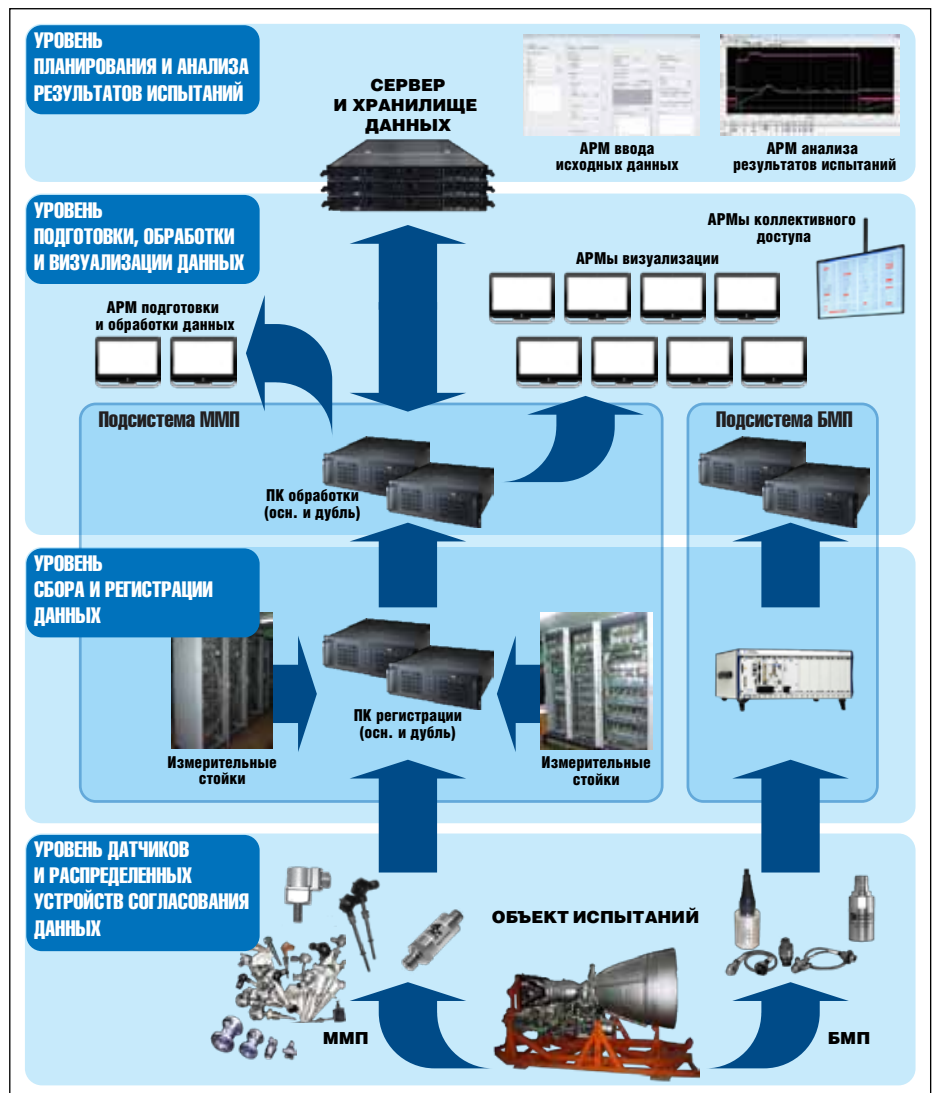
Комплексная система, о которой идет речь, предназначена для автоматизированного получения и отображения измерительной информации о физических параметрах двигателей и стендовых технологических систем, обработки и хранения телеметрической информации, определения расчетных характеристик рабочих процессов. Подсистема управления осуществляет управление технологией как самого испытания, согласно модели испытуемого изделия и программе проведения испытания, так и работой стенда как технического устройства. Подсистема контроля опасных накоплений обеспечивает безопасность и экологический контроль при проведении испытания. Все подсистемы могут функционировать независимо и автономно, что обеспечивает робастность системы в целом. При этом происходит информационный обмен измеренных данных с управляющими подсистемами стенда и системами анализа данных испытаний, а также для создания общей информационной среды и обеспечения взаимодействия подразделений предприятия, использующих полученную информацию для более глубокой обработки и анализа.

Выполняется интерактивное получение на экране мониторов всей информации о каждом параметре: типе и градуировочной характеристике датчика, диапазоне и единицах измерения входных и выходных величин датчиков, формул для расчета физической величины параметров, сведений об измерительных каналах, на которые коммутирован датчик, иной информации, содержащейся в исходных данных, введенных на этапе подготовки и полученных в процессе производства измерений расчетным путем.

Наличие большого количества каналов измерения (с учетом дублирования — до 2400), высокие скорости опросов ряда параметров (до 204 кГц, 24 бит) и необходимость жесткой привязки их к командам, поступающим по контурам управления (до нескольких сотен), выдвигают особые требования к синхронизации, которая выполняется станцией единого времени, формирующей единую шкалу времени при регистрации телеметрической информации.

По виду решаемых задач и архитектуры построения системы регистрации входных потоков данных разработаны две подсистемы измерения: для сбора, регистрации и обработки медленно меняющихся параметров (ММП) и для сбора, регистрации и обработки быстро меняющихся параметров (БМП). При измерении ММП определяется уровень сигнала с частотой опроса до 2 кГц. Для БМП требуется расчет спектра с частотой опроса до 204 кГц. Информация обеих подсистем должна быть объединена и доступна для совместной обработки и анализа на серверах баз данных.

Для обеспечения надежности и безотказности регистрации информации при проведении испытаний осуществляется дублирование всех средств регистрации и передачи данных, а также электропитания. При этом для снижения стоимости системы и из-за невозможности установки слишком большого количества датчиков на объект испытаний и в стендовые системы датчики напрямую не дублируются. При выборе мест установки и количества датчиков создается некоторая информационная избыточность, позволяющая не потерять картину происходящего при отказе отдельного датчика. Так, например, в каждой емкости с компонентами топлива находятся две линейки уровнемеров по 35 емкостных датчиков в каждой, сдвинутых относительно друг друга по вертикали. Каждая из линеек работает со своим вторичным прибором и со своим каналом измерения. Таким образом, при работе обеих линеек мы имеем более полную картину изменения уровня, при отказе одной из них ухудшается точность его определения, но общая информационная картина изменения уровня не теряется. Отказ многоканального модуля оцифровки, регистрации данных или канала их передачи может привести





Лаборатория автоматизированных систем (АС)

*Время распределять системы,
время собирать системы...*

... от проекта до
внедрения и сопровождения
... от испытания отдельного компонента до
изделия в целом

Комплексная модернизация и автоматизация испытательной базы предприятия



Мы гордимся тем, что за последние 15 лет уже более 350 предприятий самого разного профиля стали заказчиками наших систем «под ключ». Среди них:



Комплексная поставка систем, монтаж, шефмонтаж, внедрение, обучение, сопровождение, гарантийное (до 10 лет) и послегарантийное обслуживание

Наш адрес:

105122, Москва, Щелковское шоссе, д. 2а
Тел./факс: +7 (495) 730-36-32 (многоканальный)

<http://www.actech.ru>
e-mail: office@actech.ru

к потере значительного объема получаемой информации, поэтому приняты все меры для того, чтобы этого не допустить: дублированы все средства сбора, регистрации и обработки данных, полностью дублирована сеть передачи информации. Для этого в нашей компании были разработаны и изготовлены специальные модули разделения сигналов, обеспечивающие буферизацию сигналов и электропитание датчиков от двух источников, работающих в «горячем» резерве. При отказе сети передачи данных между стендом и бункером аппаратура на стенде будет функционировать автономно по заданной программе.

Регистрация данных ведется как непосредственно на стенде, так и в помещениях, где располагаются операторы, ведущие процесс испытания. Это позволяет сохранить информацию в любом аварийном случае, как при разрушении канала передачи данных, так и в случае гибели регистрирующей аппаратуры в помещениях стенда.

Так как подсистемы измерения делятся на ММП и БПП и они дублированы, мы имеем 4 подсистемы, каждая из которых может функционировать независимо от остальных. При этом очень важной становится задача временной синхронизации всех подсистем. Для этого используется сервер единого времени «Метраном», который получает сигналы точного времени со спутников ГЛОНАСС/GPS и раздает их всем подсистемам, обеспечивая тем самым синхронизацию составных частей с точностью до 1 мс. Сигналы синхронизации приходят не только на компьютеры всех подсистем, но и непосредственно на измерительные крейты.

Средства визуализации информации не дублируются, но каждый из компьютеров подключен к основной и дублирующей системам измерений по двум сетям передачи данных и на каждом из мониторов системы можно получить отображение любой измерительной информации.

Электропитание всех устройств защищено источниками бесперебойного питания двойного преобразования, которые обеспечивают не только работу при отказе в подаче электроэнергии, но и эффективную фильтрацию сетевых помех. Реализованы два полностью дублированных комплекса электропитания.

В состав системы входит программный модуль послесекансной обработки данных ACTest-Analyzer нашей разработки и средства выгрузки данных в пакеты анализа данных Заказчика разработки НИЦ РКП. Комплексная система, отвечающая перечисленным требованиям, может на первый взгляд показаться чем-то «монстроидальным». Это совсем не так. Она ни в коем случае не может быть «единым и неделимым монстром». Такая система должна быть



принципиально распределенной и многоуровневой. Предлагаемые нами методы вертикальной и горизонтальной декомпозиции общей задачи (см. рисунок) позволяют, оставаясь в рамках комплексного подхода и единой технологии построения архитектуры систем автоматизации, строить локальные системы для отдельных установок или решения частных задач. Будучи комплементарными друг другу и отвечая технологии построения общей системы, они в итоге и решают задачу комплексной модернизации и автоматизации испытательной базы предприятия. При этом архитектура системы должна описывать уровни и функции автоматизации и отчетности, разбиение программно-аппаратного обеспечения на основные компоненты (подсистемы, программы, процессы), функции каждого компонента, точные сопряжения между компонентами и уровнями и функциональную структуру системы в целом. Описываемая система включает следующие уровни: датчиков и распределенных устройств согласования сигналов; сбора и регистрации данных; подготовки, обработки и визуализации данных; планирования и анализа результатов испытаний.

Уровень датчиков и распределенных устройств согласования сигналов

Устройства, отнесенные к уровню датчиков и распределенных устройств согласования сигналов, располагаются непосредственно на испытуемом изделии и в технологических помещениях стенда и служат для преобразования измеряемых величин в электрические сигналы, удобные для передачи по кабельной сети. Эти устройства выбраны в соответствии с

условиями их эксплуатации: повышенным уровнем вибраций, широким диапазоном температур и необходимостью обеспечения взрывозащиты. Кабельные сети выполнены экранированными витыми парами, при необходимости – коаксиальным или антивибрационным кабелем, обеспечивающим их негорючесть.

Система обеспечивает измерение сигналов с датчиков: давления (поддерживаются датчики с токовым выходом и потенциометрические датчики), температуры (термометры сопротивления до 2 кОм и термомпары всех типов), оборотов и расходов (в цепи каждого датчика установлено специальное согласующее устройство для подавления помех с использованием принципа вычисления вольт-секундной площади), емкостных уровнемеров. Осуществляется поддержка датчиков с частотным выходом в диапазоне до 15 кГц.

Особенностью системы является измерение тока электропитания термометров сопротивления и напряжения питания потенциометрических датчиков в каждом измерительном канале. В системе применены новые микропроцессорные вторичные приборы для работы с емкостными уровнемерами, что позволяет уменьшить дрейз выходного сигнала, особенно при измерении уровней в жидкостях, обладающих низкой диэлектрической проницаемостью, например жидком водороде.

Уровень сбора и регистрации данных

Оборудование собрано в приборные стойки и расположено в помещениях стенда для размещения измерительной аппаратуры. В этих помещениях поддерживается комфортный уровень температуры, вибра-



ция незначительна, и они не относятся к классу взрывоопасных. На этом уровне расположено оборудование, обеспечивающее электропитание датчиков, согласование сигналов с них, оцифровку, регистрацию данных и передачу их по оптоволоконной сети со стенда в помещение операторов, проводящих испытание (бункер). Для сбора информации на стенде используются 6 компьютеров в подсистеме ММП и 2 компьютера в подсистеме БМП. Собранные с этого уровня данные передаются также через оптоволоконную сеть на следующей уровень.

Уровень подготовки, обработки и визуализации данных

Оборудование этого уровня расположено непосредственно в помещении, из которого ведется управление процессом испытаний. Здесь расположены компьютеры обработки данных, которые, получая информацию со всех компьютеров сбора в виде телеметрических сигналов с датчиков (в понятиях физических величин: В, Ом, Гц), проводят наложение тарифовочных функций и расчет вторичных параметров (например, пересчет объемного расхода в массовый или расчет коэффициента избытка окислителя по массовым расходам горючего и окислителя и т.п.).

Вся информация регистрируется в реальном масштабе времени с использованием дискового массива RAID 10-го уровня. Исходные и рассчитанные данные транслируются в сеть визуализации и становятся доступными для всех компьютеров визуализации. В системе одновременно используются 12 АРМов визуализации и

3 АРМа коллективного доступа, обеспечивающие отображение информации на 60-дюймовых мониторах. На каждом мониторе могут быть отображены любые данные в соответствии с заранее сконфигурированным профилем либо данные могут быть добавлены в любой момент времени без прерывания текущего отображения. Сети передачи для регистрации и визуализации физически разделены на отдельные подсети. Создание сценариев проведения испытаний, профилей визуализации информации может производиться с любого АРМа визуализации или подготовки. Для управления запуском сбора и регистрацией данных на всех АРМах используется единый виртуальный пульт управления, программное обеспечение которого может быть запущено на любом назначенном АРМе визуализации или подготовки данных. Все АРМы на этом уровне оснащены программным обеспечением АСTest-Analyzer для экспресс-анализа результатов испытаний.

Уровень планирования и анализа результатов испытаний

АРМы этого уровня расположены в здании центральной исследовательской лаборатории и связаны сервером базы данных по оптоволоконной линии. Сети регистрации, визуализации и сеть уровня планирования автономны друг от друга с целью разделения трафика и недопущения несанкционированного доступа. В момент проведения испытаний связь с сетью уровня планирования и анализа результатов полностью разрывается.

На этом уровне расположены АРМы ввода исходных данных и анализа результа-

тов испытаний. АРМ ввода исходных данных предназначен для ввода информации по программе и методике испытаний, занесения сведений об имеющихся датчиках и других измерительных преобразователях, калибровках и проведенных поверках измерительной аппаратуры. На этих АРМах может создаваться или изменяться конфигурация измерительных и расчетных каналов. Вся информация сохраняется в единой базе данных, причем дата и авторство любого изменения фиксируются. На АРМах анализа результатов испытаний установлено программное обеспечение для послесезонной обработки. Исходная информация для анализа берется из базы данных результатов испытаний на сервере и туда же помещаются результаты обработки.

Для обработки данных используется программное обеспечение АСTest-Analyzer и пакеты обработки. Количество таких АРМов на этом уровне определяется потребностями эксплуатирующей организации, никаких особых требований к компьютерам этих АРМов не предъявляется и их программное обеспечение может быть использовано на существующем парке компьютеров.

Таким образом, сетевые технологии и базы данных дают возможность перейти к созданию нового уровня – «надстройки» над отдельными стендами и установками и организовать сквозной обмен данных и отчетности в рамках испытательной базы всего предприятия. Одновременно это является этапом в формировании единого информационного пространства испытательной базы предприятия. Именно уровень автоматизации при проведении исследований и испытаний новой техники во многом определяет качество проводимых работ и конкурентоспособность получаемых результатов. Грамотно и эффективно проводимые испытания и мониторинг процессов, единая технология при разработке комплексных систем и организации работы с получаемой информацией позволяет добиваться экономии денежных средств за счет интенсификации использования дорогостоящего оборудования, увеличения его ресурса, получения новых результатов за счет дополнительной обработки уже имеющейся информации.



ООО «Лаборатория автоматизированных систем (АС)»

Россия, 105122, г. Москва,
Щелковское шоссе, д.2а
Тел./факс: (495) 730-3632
E-mail: mip@actech.ru www.actech.ru