

ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ACTest PLATFORM - ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ ИЗМЕРЕНИЙ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ И КОМПЛЕКСНЫХ ИСПЫТАНИЙ

А.В. Ртищев, А.В. Баранов, В.А. Язынин (ООО «Лаборатория автоматизированных систем (АС)»)

Сформулированы требования к программному обеспечению для автоматизации измерений при проведении научных исследований и комплексных испытаний. Рассмотрены основные возможности отечественного программного комплекса ACTest Platform. Приведены практические примеры автоматизированных систем для проведения испытаний в различных областях науки и техники.

Ключевые слова: автоматизация измерений, научные исследования, комплексные испытания, информационно-измерительная система, калибровка.

При проведении современных научных исследований и экспериментальной отработке изделий новой техники необходимо проведение измерений различных физических параметров: температуры, давления, расхода, силы, вибрации, механических напряжений и деформаций, электрических токов и напряжений с обеспечением требуемой точности и быстродействия регистрирующей аппаратуры.

Основные проблемы, возникающие перед исследователем или испытателем:

- невозможно решить поставленные задачи с требуемой точностью или временным разрешением, используя оборудование одного производителя;
- сложность интеграции в единую систему программного обеспечения, поддерживающего работу аппаратуры различных производителей;
- сложность одновременного запуска и синхронизации различного оборудования.

В ходе проведения измерений некоторого набора параметров, их обработки и анализа исследователю часто приходится отвлекаться на решение проблем автоматизации измерений. В области научных исследований во всем мире активно применяются решения известного зарубежного разработчика устройств сбора данных и программного обеспечения. В этом программном обеспечении для решения различных задач измерения и управления процессами используется язык графического программирования, но для научных исследований и комплексных испытаниях достаточно часто приходится привлекать программиста на языке G.

Для устранения этого недостатка предлагается разделить

все работы, которые необходимо выполнить при создании автоматизированной измерительной системы в ходе испытаний сложных технических систем или научных исследований, на типовые задачи и создать инструментарий для их решения инженером-специалистом в предметной области без программирования.

К таким работам относятся:

- подготовка информационно-измерительной системы (ИИС) к работе (проведению измерений);
- настройка метрологического обеспечения ИИС;
- проведение измерений — сбор данных, первичная обработка, визуализация и регистрация данных;
- обработка результатов испытаний.

Для реализации этих задач без привлечения программиста был создан программный комплекс ACTest. Первая версия программного комплекса вышла уже в далеком 2001 г. [1], и с тех пор комплекс постоянно

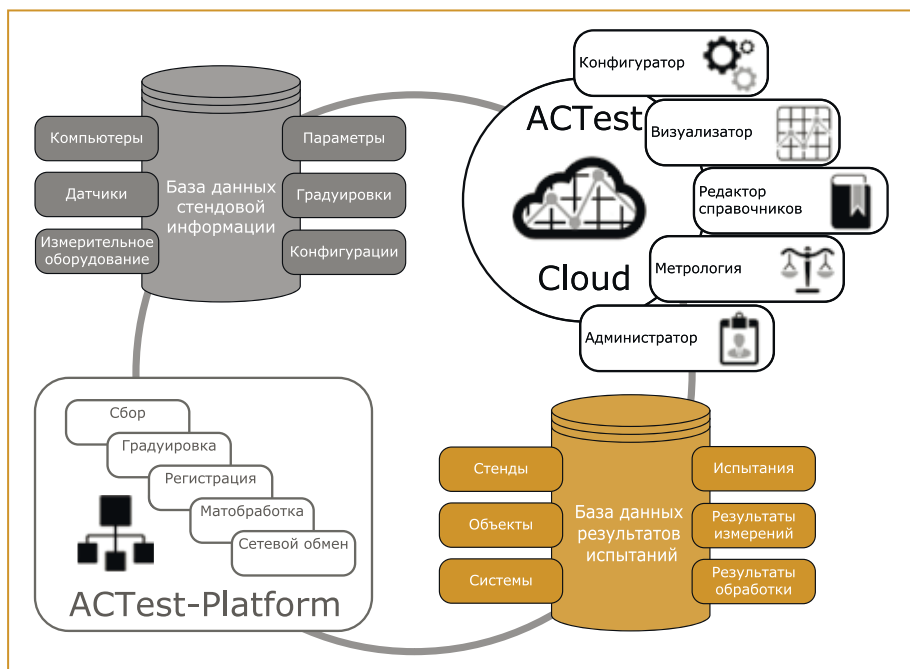


Рис. 1. Структурная схема комплекса ACTest Platform

развивается, совершенствуясь в ногу со временем [2]. Сегодня актуальной является версия ACSTest Platform — современное 64-битное приложение, предназначенное для создания распределенных, легко масштабируемых систем автоматизации испытаний.

При создании программного продукта (рис. 1) ставилось требование максимальной независимости от вида используемого измерительного оборудования. На сегодняшний день поддерживаются: оборудование производителей Л-Кард, Мера, НПГ «Р-Технолджи» (Россия), система MGCplus фирмы Hottinger Baldwin Messtechnik GmbH (Германия), оборудование фирмы National Instruments (США), датчики давления с интерфейсом Modbus RTU.

Для подключения нового устройства к системе необходимо только разработать интерфейсный модуль, обеспечивающий трансляцию команд от ACSTest к драйверу устройства. При этом возможно использование в одной системе оборудования разных производителей с обеспечением их синхронной работы.

ACSTest Platform поддерживает синхронизацию измерительных каналов от используемых меток времени, получаемых со спутников ГЛОНАСС/GPS. Точность синхронизации для медленно меняющихся каналов в основном определяется частотой выбранной дискретизации АЦП и составляет ± 1 отсчет, только для высокоскоростных каналов с частотой дискретизации порядка 1 мкс точность получения меток может быть заметна.

Структурная схема комплекса ACSTest Platform представлена на рис. 1. В состав программного комплекса входит база данных стендовой информации, в которой хранится информация об используемых измерительных параметрах, датчиках, модулях ввода данных, компьютерах, а также база данных результатов испытаний.

Подготовка информационно-измерительной системы (ИИС) к работе

Конфигурирование системы начинается с ввода списка контролируемых по программе испытаний параметров. На этом этапе рекомендуется заполнить все предлагаемые поля: обозначение, наименование, диапазон измерений, допустимую погрешность, значения для допускового контроля. В дальнейшем при настройке системы можно контролировать, какие параметры еще не настроены, соотносить получаемую погрешность измерительного канала с требуемой.

Следующим шагом необходимо сконфигурировать архитектуру системы: используется один компьютер или несколько, к каким компьютерам подключены измерительные модули.

Настройку используемых модулей можно вести вручную, заносая их характеристики и расположение, но рекомендуется воспользоваться функцией автоопределения,

доступной для большинства поддерживаемых модулей сбора данных. Для этого необходимо подключить измерительный крейт к компьютеру и запустить функцию автоопределения.

Далее необходимо провести групповую и каналную настройку измерительных модулей: режим работы дифференциальный или с общей землей, открытый или закрытый вход, работа фильтров, напряжение питания тензодатчиков и т. д. Для каждого из каналов АЦП можно настроить диапазон измерения, частоту дискретизации.

В системе используется понятие комплексного компонента измерительной системы (ККИС), определенное в ГОСТ Р 8.596-2002 «Метрологическое обеспечение измерительных систем». ККИС представляет собой обобщенную модель совокупности всех компонентов измерительного канала за исключением датчика. Причем в состав ККИС могут входить как аппаратные компоненты (вторичные измерительные преобразователи, усилители, делители, фильтры, каналы АЦП), так и программные составляющие: цифровые фильтры, расчетные алгоритмы.

ККИС может иметь свою градуировочную характеристику, полученную как расчетным путем, так и методом проведения сквозной градуировки с использованием эталонов. ККИС может быть внесен в Государственный реестр средств измерения и подлежать дальнейшей поверке. Это удобно как частный случай покомпонентной поверки измерительного канала: отдельно поверяется ККИС с помощью электрического калибратора и отдельно поверяется датчик. В документации на систему при этом приводится способ расчета суммарной погрешности измерительного канала.

Далее настраиваются измерительные параметры, к ним добавляются экземпляры датчика из базы данных стендовой информации и канал ККИС. При этом для канала ККИС автоматически подтягивают-

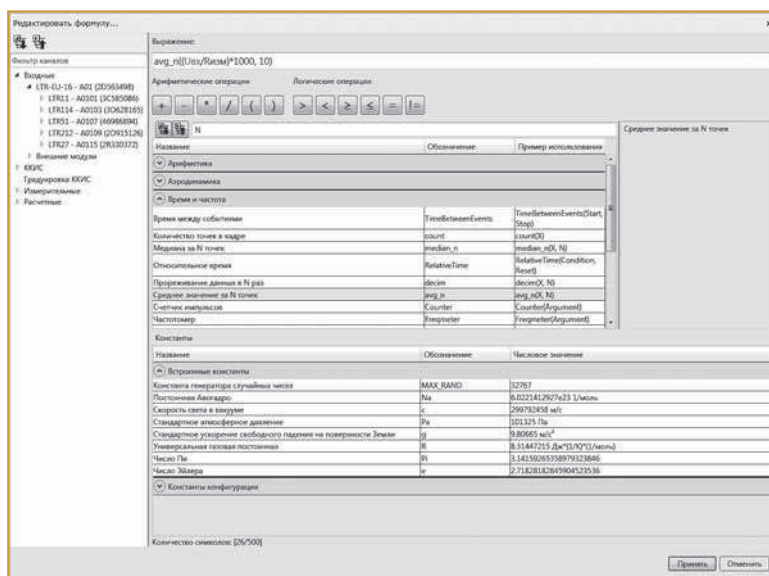


Рис. 2. Внешний вид окна настройки расчетного канала

ся значения допускового контроля, ведется контроль сроков поверки компонентов, рассчитывается суммарная погрешность.

При необходимости настраиваются расчетные параметры, используя поле ввода формул и библиотеку функций (рис. 2).

Следующим шагом настраивается процедура регистрации данных. Возможна регистрация всей информации в один файл. Этот способ хорош для систем с небольшим объемом данных и коротким временем работы. В случае продолжительной работы рекомендуется использовать многофайловый сбор данных, когда через заданное время первый файл закрывается и ведется регистрация в другой файл и т.д. Система послесансного анализа позволяет работать с набором файлов как с едиными данными.

Возможна настройка регистрации по условию и разделение каналов в разные файлы по их типу: параметры в физических величинах и телеметрические данные в единицах измерения, получаемых с АЦП.

Сохранение результатов измерений производится в бинарный файл, в заголовок которого в момент записи помещается контрольная сумма файла, а в момент его чтения происходит ее проверка.

Визуализация данных

Для визуализации данных при проведении измерений используется программный модуль Визуализатор — позволяющий отображать получаемые и рассчитываемые данные.

Для отображения данных доступен достаточно широкий набор элементов визуализации: цифровой и стрелочные элементы, горизонтальные (номинал) и вертикальные столбчатые элементы, мнемосхема, виртуальные осциллограф, самописец, параметрический график, спектроанализатор.

Из набора этих элементов пользователь создает профиль (экран) визуализации который может быть сохранен для дальнейшего использования в базу данных или в файл (рис. 3).

Важным удобством визуализатора АСТest Platform является возможность его настройки не только при подготовке к проведению измерений, но и непосредственно в момент проведения измерения, включая возможность добавления на визуализацию данных из "дерева" собираемых каналов без остановки сбора данных. Все элементы масштабируемы, перетаскиваемы по экрану.

Метрологическое обеспечение ИИС

Метрологическое обеспечение ИИС должно осуществляться на всех стадиях жиз-

ненного цикла ИИС и для его обеспечения необходимо автоматизировать следующие типовые задачи:

- расчет суммарной погрешности измерительного канала по известным метрологическим характеристикам его компонентов и соотнесение их с заданными требованиями. При этом погрешности для компонентов и всего измерительного канала могут быть заданы в виде: приведенной, относительной или абсолютной погрешности;
- экспериментальное определение метрологических характеристик измерительного канала;
- проведение автоматизированной поверки, калибровки или проверки измерительного канала;
- отслеживание сроков поверки измерительного канала или его компонентов;
- обеспечение защиты программного обеспечения и зарегистрированных данных от случайного или преднамеренного изменения метрологически значимой информации;
- обеспечение информационной целостности — сохранение исходных данных (телеметрической информации), градуировок (рис. 4), физических параметров, полученных в результате наложения градуировок или расчетным путем.

Обеспечение защиты для программного обеспечения осуществляется путем проверки цифровой подписи и контрольной суммы для установленного программного пакета в момент запуска.

Отметим многообразие элементов визуализации: работа в многооконном режиме, сохранение профилей в файлы и базу данных, переключение единиц измерения, просмотр информации о канале и значений связанных каналов.

Послесансная обработка

Модуль программный послесансной обработки АСТest Analyzer предназначен для просмотра, математической обработки, экспорта и импорта данных зарегистрированных экспериментальных данных.

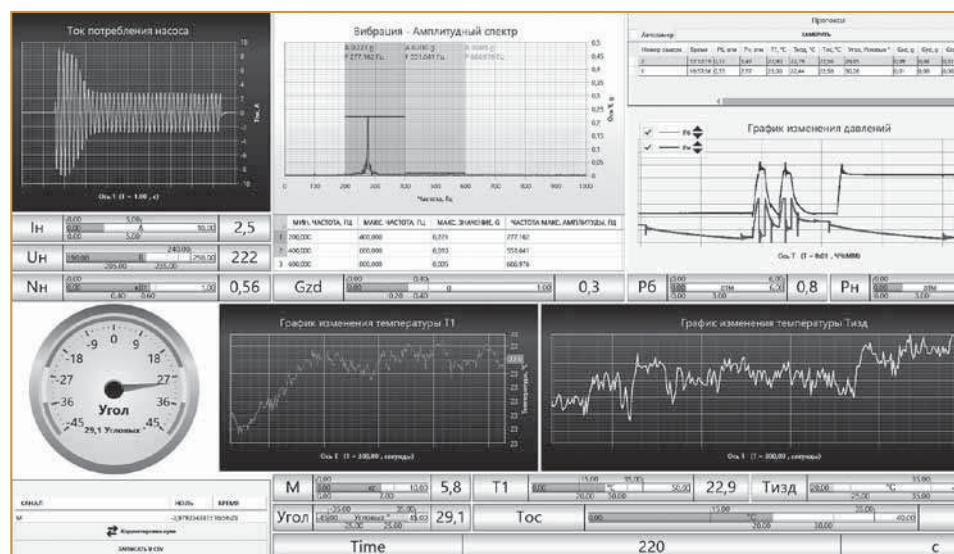


Рис. 3. Внешний вид окна визуализации данных (вариант настройки)

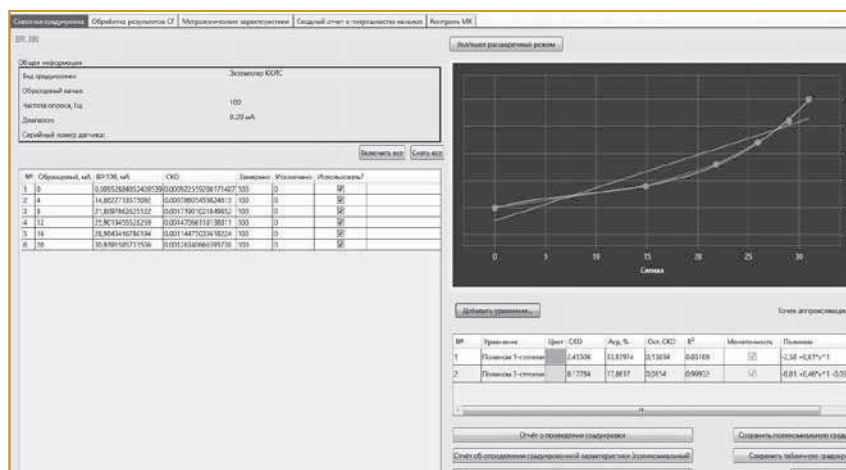


Рис. 4. Окно проведения сквозной градуировки

Примеры практического использования ACTest Platform

Рассмотрим примеры практического использования программного комплекса ACTest Platform:

- система информационно-измерительная для огневых испытаний ЖРД на криогенных компонентах (стенд В2 ФКП «НИЦ РКП» г. Пересвет) [3,4];
- система измерения параметров для аэродинамических испытаний (ФГУП ЦНИИмаш);
- система измерений для испытания плунжерных насосов (АО «Ливгидромаш»);
- системы для испытания солнечных батарей и контроля для регламентных работ по обслуживанию аккумуляторов космического назначения (НПО «Машиностроения»).

Эти системы иллюстрируют возможности комплекса в области масштабируемости, применимости для реализации принципиально разных задач.

Система информационно-измерительная для огневых испытаний ЖРД

На момент создания в состав системы входило 1224 канала с полным дублированием регистрирующей аппаратуры. Система включает 10 измерительных стоек, две стойки обработки данных, серверную стойку, 18 крейтов сбора данных, восемь ПК регистрации данных, два ПК обработки данных, четыре АРМ подготовки и обработки данных, 12 АРМ визуализации данных. Эффективная работа такой системы невозможна без современного программного обеспечения, обеспечивавшего ведение базы данных всех датчиков и другой измерительной аппаратуры, хранение градуировок, настроек всех измерительных каналов. В этой системе в полной мере используются возможности ACTest Platform по централизованному управлению распределенной системой, сетевому обмену, распределенной обработкой и регистрацией данных. Особенно пригодились широкие возможности по централизованной настройке профилей визуализации.

Система измерения параметров для аэродинамических испытаний

Система предназначена для проведения измерений при весовых и дренажных экспериментах.

Особенностью весовых измерений являются высокие требования к точности измерений значений силы и моментов шестикомпонентных тензочувствительных датчиков, связанные с применением в аэродинамических трубах уменьшенных геометрических моделей и необходимостью пересчета результатов для реальных размеров изделий. Для измерения значений силы и моментов использовалось оборудование MGCplus фирмы HBM (Германия), обеспечивающее работу с тензометрическими датчиками с высочайшей точностью за счет питания переменным током и применения высококачественных усилителей.

При проведении дренажных экспериментов необходимо измерение значений давления на поверхности летательного аппарата как можно в большем числе точек. Для 750 каналов измерения давления требования к точности не столь высоки, допустимая погрешность регистратора 0,1%, а не 0,03% как для тензометрических модулей, поэтому было использовано оборудование отечественного производителя Л-Кард, что позволило существенно снизить стоимость системы. Благодаря возможностям программного комплекса не возникло проблем с обеспечением работы оборудования разных производителей в одной системе, их взаимной синхронизации.

При создании этой системы понадобилось расширить набор готовых математических функций для выполнения аэродинамических вычислений, и в состав комплекса ACTest Platform была включена библиотека для аэродинамики.

Система измерений для испытания плунжерных насосов

С использованием ACTest удобно автоматизировать и небольшие стенды, например, для испытания насосов. Стенд для испытания насосов не отличается решением каких-либо сложных измерительных задач, имеет утилитарный набор параметров: давления, температуры, расхода, перемещения. Поэтому для поставки оборудования понадобилось всего 5 нед. от момента заключения договора, а монтаж, пусконаладка и обучение заказчика за счет применения готовых решений и дружественного интуитивно понятного интерфейса программного комплекса заняли всего 4 дня.

Системы для испытания солнечных батарей и контроля регламентных работ по обслуживанию аккумуляторов космического назначения

В настоящее время большое внимание уделяется развитию современных источников электроэнергии, активно развивается солнечная электроэнергетика, и используются аккумуляторные батареи.

Система для испытания солнечных батарей была выполнена с использованием импульсного осветителя — аналог фотовспышки с мощностью в десятки раз боль-

шей и временем действия около 1,3 мс. Такое решение по воспроизведению солнечного освещения в момент испытаний позволят не только многократно экономить электроэнергию по сравнению с использованием традиционных ламп, но и более точно воспроизвести спектральный состав. Поэтому измерительная задача характеризовалась достаточно высокими требованиями по быстродействию. Для построения вольт-амперной характеристики (ВАХ) солнечной батареи потребовалось за 1 мс провести измерения ≥ 100 точек освещенности, значений тока и напряжения. Для снятия ВАХ был разработан быстродействующий блок нагрузок, способный изменять свое сопротивление в диапазоне $10^6 \dots 0,1$ Ом за 1 мс. С использованием отдельного скрипта для управления ЦАП была решена задача синхронного управления импульсного осветителя и блока нагрузок.

От примера с проведением быстрых измерений перейдем к решению задачи, связанной с регистрацией данных через весьма значительные промежутки времени.

При хранении аккумуляторных батарей ответственного назначения необходимо их периодическое (раз в полгода) техническое обслуживание с проведением циклов их разряда и заряда. При проведении этих тренировок требуется ведение протокола по установленной форме с фиксацией показаний через заданные промежутки времени (сначала каждые 30 мин, потом через каждые 5 мин от момента начала процесса), а также фиксацией момента достижения заданного напряжения.

Задача решалась с использованием элемента визуализации "Протокол" в режиме протоколирования по сигналу управляющего канала. Элемент «Протокол» выгружает при наступлении заданного условия или команде оператора заданный набор параметров в MS Excel. Для реализации заданных временных промежутков использована специальная функция математической обработки. Для оформления бумажного протокола по заданному формату использовался макрос в MS Excel.

Заключение

Таким образом, программный комплекс ACTest Platform зарекомендовал себя как эффективный инструмент для автоматизации измерений при проведении научных исследований и комплексных испытаний образцов новой техники, выполнении приемо-сдаточных испытаний и регламентных работ при выпуске серийной продукции.

За последние годы были реализованы десятки систем на основе ACTest Platform в различных отраслях промышленности и науки. Так, например, возможности программного комплекса в области анализа сигналов в частотной области, проведения цифровой фильтрации и спектрального анализа хорошо раскрылись при решении гидроакустических задач. Вопросы обработки тензометрических сигналов, определения главных векторов напряжений — при создании систем для теплопрочностных испытаний. Расчет достаточно большого числа вторичных параметров в темпе проведения испытаний очень важен при испытаниях различного вида современных электроприборов с частотными преобразователями и при оценке качества электропитания.

Список литературы

1. Ртищев А.В. Программный комплекс ACTest автоматизации экспериментальных установок // Мир компьютерной автоматизации. 2001. №3.
2. Перцовский М.И. Стратегия развития и модернизации экспериментально-испытательной базы крупных промышленных предприятий // Автоматизация в промышленности. № 6. 2009.
3. Перцовский М.И., Ртищев А.В. Чтобы «что-то» хорошо летало, нужно это «что-то» хорошо испытать! // Аэрокосмический курьер. 2013. №5(88).
4. Перцовский М.И., Ртищев А.В. Комплексная система реального времени испытания сложного технического объекта: от теории к практике // Автоматизация в промышленности. 2014. №2.

*Ртищев Алексей Викторович — директор, главный конструктор
ООО «Лаборатория автоматизированных систем (АС)», старший преподаватель МАИ,
Баранов Артем Викторович — начальник сектора проектирования комплексных систем
Язынин Владимир Александрович — начальник сектора внедрения комплексных систем
ООО «Лаборатория автоматизированных систем (АС)».*

E-mail: rav@actech.ru

Контактный телефон (495) 730-36-32.

Как можно раньше вступаите на проторенную стезю: не изменяйте своим привычкам. Накопите идиомы. Стандартизируйте. Единственная разница между Шекспиром и вами состоит не в объеме словаря, а в количестве идиом.

Алан Джей Перлис — американский учёный в области информатики.