



Программный комплекс "ACTest" — комплексный подход к автоматизации испытаний и экспериментальных исследований

*Ртищев А.В.,
"Лаборатория автоматизированных систем (АС)", г. Москва*

Контроль качества продукции на всех этапах ее жизненного цикла является обязательным условием сертификации системы качества в соответствии с требованиями стандартов серии ISO9000, к которым сегодня мы все стремимся. Поэтому необходимо проводить испытания серийно выпускаемой продукции не только на этапе выходного контроля, но и в процессе ее производства. Да и создание новых конкурентно способных изделий невозможно без проведения экспериментальных исследований, послесекансного анализа и документирования результатов ориентированы прежде всего на Windows.

- ① подготовка к эксперименту;
- ② проведение эксперимента;
- ③ обработка результатов;

при этом распределение затрат времени и средств по этапам в различных отраслях промышленности складывается примерно следующим образом: подготовка к эксперименту - 40..70 %; его проведение - 3..15%; обработка результатов - 27..45%.

Пожалуй самой важной, и это трудно оспорить, составляющей практической реализации задачи автоматизации испытаний и экспериментальных исследований является программное обеспечение. ПО должно охватывать все этапы, начиная от планирования испытаний и создания измерительной системы, кончая обработкой результатов и представлением результатов в виде законченного отчета. Только при выполнении таких условий можно говорить о полноценной автоматизации.

Какое ПО хочет заказчик

Сегодня наиболее распространенной компьютерной платформой для построения программных комплексов является платформа WINTEL - операционная система Windows на Intel совместимом компьютере. Для

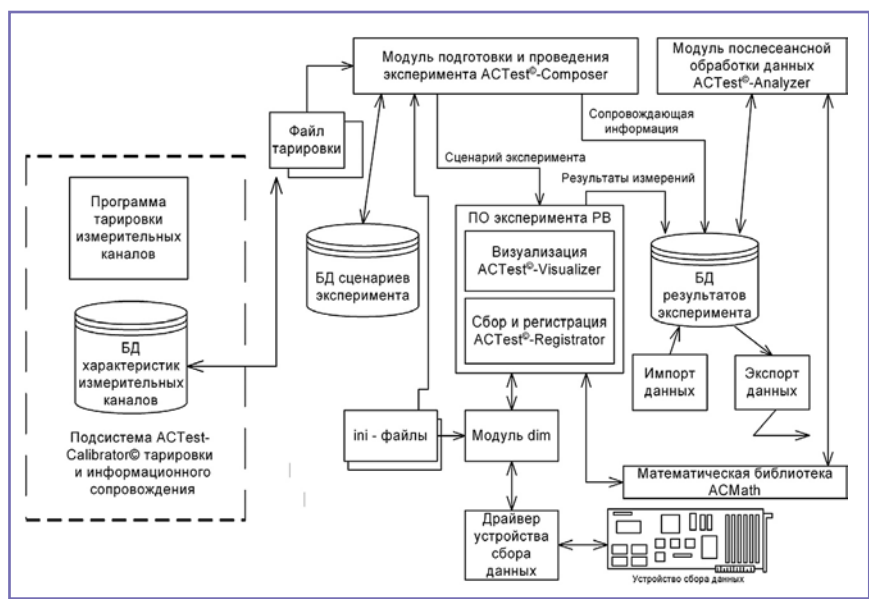
нее создано наибольшее количество ПО самого различного назначения, начиная от текстовых процессоров до средств разработки программ, систем управления базами данных и пакетов математической обработки. Персональный компьютер стал таким же обычным инструментом как карандаш и логарифмическая линейка в середине прошлого века. Поэтому не случайно специализированные программные продукты, предназначенные для подготовки и проведения испытаний, послесекансного анализа и документирования результатов ориентированы прежде всего на Windows.

Очень важным требованием к ПО проведения испытаний является его надежность и способность функционировать в темпе проведения испытаний, т.е. в реальном времени. Степень "жесткости" реального времени определяется требованиями конкретных видов испытаний и в зависимости от этого необходимо выбирать операционную систему, под управлением которой работает специализированное ПО. Такой операционной системой во многих случаях

действительно может быть специально настроенные Windows NT или 2000, или Windows, функционирующая совместно с расширением реального времени, например RTX (Ventur Com). Но существуют ситуации, когда требуется настоящая ОС реального времени - это может быть QNX (QNX Software Systems Ltd.) или OS-9 (MicroWare).

Не менее важными требованиями к ПО для автоматизации испытаний является его гибкость и перенастраиваемость на новые режимы работы. При этом перенастройка должна вестись без программирования, самим инженером-испытателем или исследователем, т.е. без обращения к "настоящему" программисту. Большое внимание должно уделяться также организации хранения результатов испытаний с целью создания единого информационного пространства предприятия, обеспечения простоты поиска нужных данных испытаний, идентификации измеренных данных режимам проведения испытаний, объекту и т.п.

На этапе подготовки к экспери-

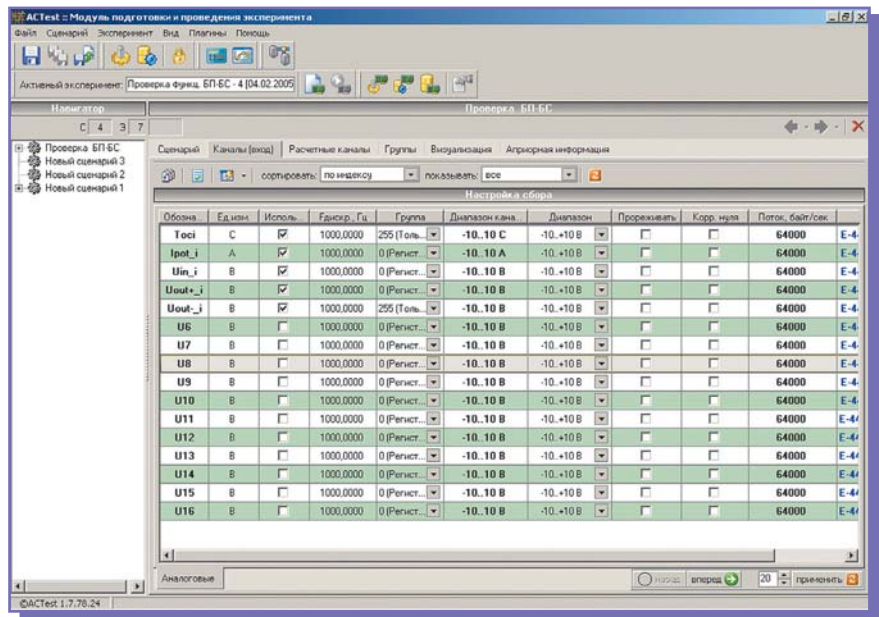


ментальным исследованиям должна быть сконфигурирована измерительная система, рассчитаны ее метрологические характеристики, проведено тестирование и калибровка измерительных каналов для пересчета кодов АЦП к единицам измерения физических величин. А далее следует разработать сценарий проведения измерений при испытаниях, в котором должны быть определены список опрашиваемых каналов, диапазоны и частоты их дискретизации, значения параметров для допускового контроля, какие параметры могут считаться нормальными, какие предаварийными и аварийными, вид математической обработки получаемых данных в реальном масштабе времени, способ визуализации.

Во время проведения измерений может проводиться первичная, а при необходимости и вторичная математическая обработка поступающих сигналов. Четкой границы деления математической обработки на первичную и вторичную не существует. Будем проводить такое деление исходя из принципа, что обработка сигналов, которая проводится до регистрации и не приводит к получению нового сигнала будет считаться первичной, а получение нового сигнала из измеренного или проводимая не в темпе проведения измерений - вторичной. В качестве примеров первичной обработки сигнала можно привести его масштабирование, т.е. наложение калибровочных коэффициентов и приведение к требуемым единицам физических величин, фильтрацию и сглаживание сигналов, проведение допускового контроля. Отнесение допускового контроля к первичной обработке обусловлено тем, что по результатам этого контроля может меняться стратегия регистрации сигналов - увеличиваться объем регистрируемых параметров, как по числу каналов, так и за счет уменьшения периода дискретизации.

Примеры вторичной обработки - это получение нового сигнала из двух исходных, например электрической мощности путем перемножения измеренных значений токов и напряжений, или нового сигнала из одного исходного, например скорости движения объекта путем интегрирования его ускорения.

И, наконец, о визуализации. Визуализация в реальном масштабе времени должна осуществляться таким образом, чтобы человеку-оператору было максимально удобно

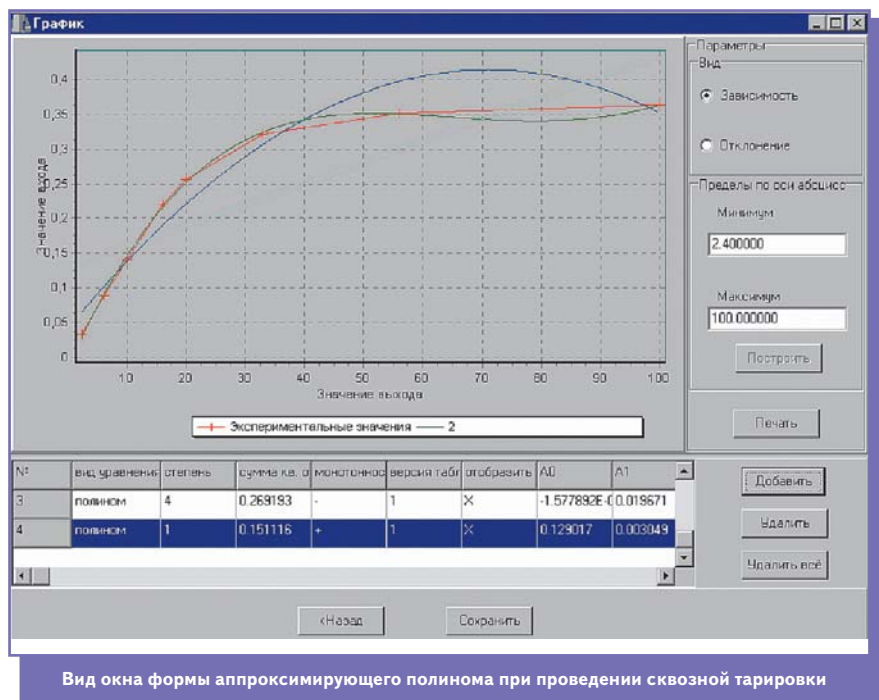


воспринимать параметры и динамику исследуемого процесса. Поэтому на экране должен быть достигнут баланс между отображением данных в виде трендов, осциллограмм, цифровых и столбчатых элементов. При этом это оптимальное сочетание зависит как от вида испытываемого объекта, так и от особенностей восприятия конкретного человека. Например, считается, что больше 4.6 трендов в одних осях воспринимается с большим трудом. Но в ситуации если при отображении необходимо следить только за тем, чтобы характер всех зависимостей был одинаковым, то на один график можно выводить и большее число трендов. Поэтому необходимо обес-

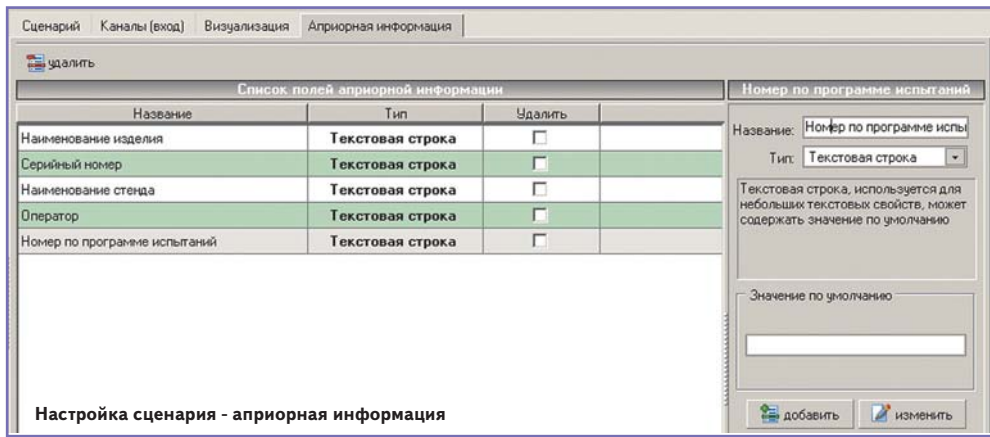
печить максимальную гибкость для оператора по возможностям настройки визуализации.

Кроме результатов объективного контроля, для интерпретации и последующего анализа результатов очень важным бывают ощущения и замечания проводившего испытания оператора (например, такие как цвет выхлопа двигателя был желтоватый, до начала испытаний объект попал под дождь и т.д.), поэтому они должны обязательно заноситься в базу данных результатов испытаний.

Пусть испытания и эксперимент с объектом завершены. За ними следует послесансная обработка,



Вид окна формы аппроксимирующего полинома при проведении сквозной тарировки



которую можно разделить на 2 этапа:
 1 экспресс обработка данных одного эксперимента;
 2 сравнительный анализ данных испытаний различных опытов и объектов.

Послесекансная обработка обязательно должна включать возможность по отображению данных в виде графических зависимостей измеренных параметров как от времени, так и одного параметра от другого - параметрические зависимости. Важным является наличие возможности сравнительного анализа данных из разных экспериментов. Послесекансная визуализация должна позволять просматривать различные объемы информации в различных масштабах и развертках от многочасовых до микросекундных.

А какие функции должны быть предусмотрены обработкой данных? Это функции статистической обработ-

ки, линейного и нелинейного сглаживания и интерполяции данных, регрессионного анализа, цифровой фильтрации, спектрального анализа и синтеза образцовых сигналов. Для удобства использования и сокращения времени обработки полезной является функция сохранения результатов математической обработки как нового расчетного канала с сохранением описания вида и параметров математической обработки. Воспользовавшись этой функцией можно последовательно применять к измеренным данным несколько видов математической обработки.

В послесекансную обработку данных входят и возможности документирования результатов испытаний. Документирование следует выполнять путем распечатки результатов как в виде графиков, так и в виде таблиц с результатами измерений или их обработки. Результаты должны

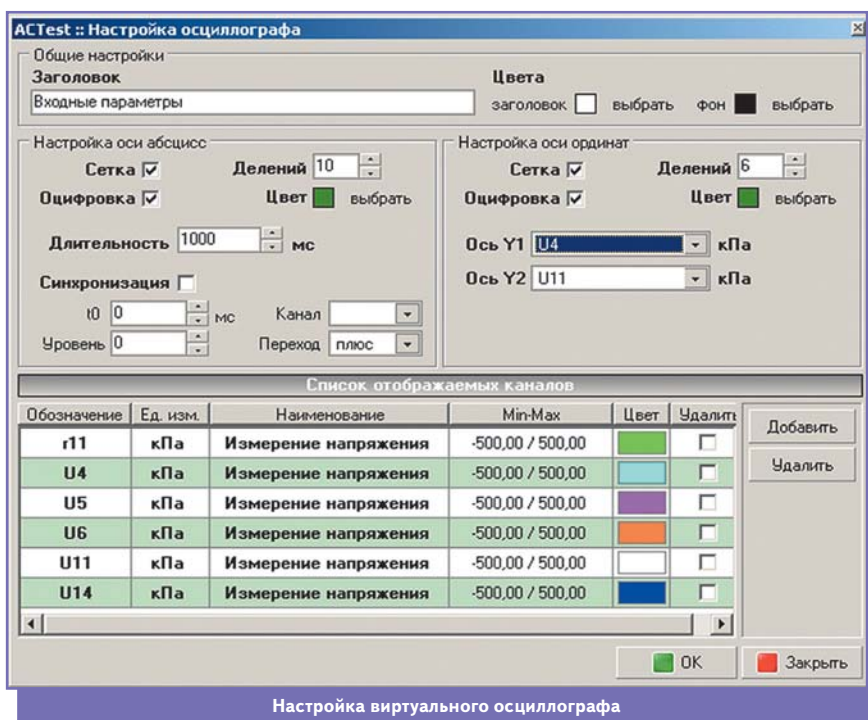
оформляться как протокол измерений или график. Удобно иметь возможность непосредственной вставки данных из подсистемы обработки в электронный текст отчета об испытаниях.

Теперь о базе данных. Построение баз должно быть таким, чтобы пользователь мог получить нужную информацию в нужное время и в нужном объеме, т.е. просмотреть информацию по интересующему объекту и конкретному испытанию. Для этого необходимо хранить большие объемы как измерительной информации, так и общую информацию об объекте, испытательном стенде (экспериментальной установке), режимах проведения испытаний и регистрации измерительной информации.

Для создания единого информационного пространства для хранения и обработки целесообразно использовать модель "клиент-сервер". Модель "клиент-сервер" стала доминирующей компьютерной архитектурой после того, как пользователи осознали преимущество объединения удобных и недорогих персональных компьютеров с централизованными, надежными и отказоустойчивыми серверами. Клиент-серверные системы одновременно используют вычислительную мощь как клиента, так и сервера, возлагая функцию хранения данных на сервер и оптимизируя сетевой трафик так, чтобы повысить общую эффективность работы.

Для интерфейса в клиент-серверных системах наиболее удобно использовать SQL - язык структурированных запросов (Structured Query Language). Он представляет собой средство организации, управления и поиска информации в реляционных базах данных. Широкое признание SQL приобрел благодаря таким своим характеристикам, как:

- независимость от поставщика;
- переносимость на разные компьютерные платформы;
- опора на реляционные принципы хранения информации;
- высокоуровневая структура;
- интерактивное выполнение запросов;
- полнофункциональный язык БД;
- поддержка со стороны IBM, Oracle, Sybase, Microsoft и др.





Язык SQL поддерживается всеми крупными поставщиками серверов БД и подавляющим большинством производителей прикладных средств разработки и языков программирования. И последнее требование - совместимость программного и аппаратного обеспечения. ПО должно содержать драйвера для работы с аппаратными средствами сбора данных и управления различными производителями - от отечественных компаний до фирм с мировым именем.

Какое ПО можно предложить

На рынке программного обеспечения представлено немало достойных продуктов, которые можно было бы использовать для лабораторных и научных исследований и испытаний, автоматизации процессов промышленных измерений. Их следует условно разделить на три группы - ПО для облегчения написания прикладных программ с помощью традиционных языков программирования, среды графического программирования и конфигурируемое ПО.

Можно спорить, но первая группа программных продуктов все-таки ориентирована на профессионалов.

Насущных задач много, а настоящих "профи" мало и задачи решать надо. Безусловно, графическое программирование можно считать в какой-то степени выходом из положения. Но даже для работы в таком замечательном продукте как LabVIEW (National Instruments, США), необходимо владеть азами программирования или хотя бы понятие иметь, что такое цикл, условие и т.п., ну и немаложко потрудиться.

Конечно же графическое программирование позволяет расширить круг специалистов, создающих прикладное ПО. Возможно для подрастающего в эпоху всеобщей ликвидации компьютерной безграмотности поколения графическое программирование станет основным инструментарием. И тогда проблем с разработкой программ под конкретные задачи заказчика не будет. Поживем - увидим.

Если программные продукты из первых двух названных групп по сути своей являются инструментальными, то ПО третьей группы - это "законченное" ПО, использование которого исключает программирование. Продукты этой группы не следует путать с ПО для конкретной системы. Все-таки конфигурируемое программное обеспечение создается для решения класса задач, для которых такое ПО можно считать универсальным.

В течение длительного времени, занимаясь автоматизацией испытаний в ракетно-космической отрасли, самолетостроении, автоматизацией научных исследований и испытаний в различных отраслях науки, автоматизируя системы контроля качества выпускаемой продукции в промышленности системным интеграторам фирмы "Лаборатория автоматизированных систем (АС)" найти готовое к применению и удовлетворяющее описанным выше требованиям ПО так и не удалось. И под каждый заказ, естественно, приходилось писать свою программу на языках высокого уровня общего назначения. Надоело. Вот почему обобщив накопленный опыт внедрений (объекты, задачи, ..) в 2001 году специалистами фирмы был разработан программный комплекс

автоматизации испытательных и экспериментальных установок АСTest. Старались как могли и вроде получилось неплохо. Об этом свидетельствуют мнения и отзывы многочисленных организаций, успешно использующих АСTest. Среди них ЦНИИ Министерства обороны РФ, Российская академия наук, ЦНИИМаш, ведущие ВУЗы Москвы, Котласский целлюлозно-бумажный комбинат, Коломенский тепловозостроительный завод и др. Действительно, АСTest позволяет автоматизировать весь цикл проведения испытаний, начиная от их подготовки, и заканчивая обработкой и представлением полученных результатов. Возможно для кого-то это ПО избыточно, а кто-то не найдет в нем необходимую функцию по обработке. Но познакомиться с АСTest есть смысл.

Комплекс АСTest

Комплекс АСTest ориентирован на конечного пользователя (исследователя, технолога), который может настроить его для своих задач, не прибегая к услугам программистов. Решается извечная проблема, возникающая при создании контрольно-измерительных и управляющих систем: как найти общий язык двум группам специалистов - специалистам по предметной области и программистам.

При создании системы автоматизации для экспериментальных исследований нельзя учесть всех нюансов ее эксплуатации. Обычно аппаратное обеспечение на конкретном стенде меняется не так уж часто, а вот задачи по изменению циклограмм проводимых исследований меняются достаточно оперативно. Следовательно система должна быть легко перенастраиваемой при сохранении основных аппаратных средств (компьютер, средства сбора данных) и позволять легко заменять первичные измерительные преобразователи и устройства согласования сигналов (фильтры, усилители, делители и т.д.). Все это в комплексе АСTest предусмотрено. Услуги специалиста информационных технологий могут потребоваться только при замене компьютера или установке новой пла-

ты сбора данных для установки драйверов, конфигурирования прав доступа к различным ресурсам.

Комплекс ACTest может функционировать на PC-совместимом компьютере промышленного, мобильного или офисного исполнения, оснащенного средствами сбора данных. Его возможности по количеству, составу и характеристикам измерительных каналов зависят только от используемых устройств сбора данных и мощности компьютера.

Программное обеспечение комплекса позволяет проводить настройку на эксперимент, хранение сценариев эксперимента, проводить измерения в реальном масштабе времени с одновременной архивацией и визуализацией экспериментальных данных. В реальном масштабе времени выполняется первичная математическая обработка и допусковой контроль значений измеряемых параметров. Вся информация сохраняется в формате базы данных и легко доступна для последующей обработки и сравнительного анализа. В состав комплекса входит программное обеспечение вторичной обработки и визуализации результатов измерений.

Комплекс функционирует под управлением ОС Windows 9X, NT, 2000.

Программное обеспечение позволяет работать с различными устройствами сбора данных отечественных и зарубежных производителей (L-Card, Центр АЦП, ICP_DAS, Advantech, National Instruments и др.), различного конструктивного исполнения: встраиваемые платы, внешние устройства с параллельным или последовательным интерфейсом.

В комплексе ACTest настройка сценариев эксперимента осуществляется с помощью диалоговых окон без использования языков программирования. Данный комплекс является специализированным для целей проведения испытаний и мониторинга, что обеспечивает соответствие целям автоматизации работ на исследовательских, технологических и контрольно-диагностических комплексах и экспериментальных установках различного назначения.

Комплекс ACTest выполнен по модульному принципу. Его основу составляет интегрированная среда, позволяющая проводить настройку эксперимента, поиск нужного сценария в базе данных, запуск программного обеспечения эксперимента реального времени, просмотр и анализ

результатов. Программное обеспечение эксперимента реального времени состоит из двух независимых частей, способных работать как единое целое на одном компьютере или на отдельных компьютерах. Подсистема тарирования и информационного сопровождения измерительных каналов передает информацию другим подсистемам комплекса о составе и характеристиках имеющихся измерительных каналов и их элементах, позволяет формировать измерительные каналы и определять их метрологические характеристики.

При проведении настройки измерительной системы необходимо составить сценарий проведения измерений, в котором следует настроить параметры сбора и регистрации сигналов, их обработку и визуализацию. Настраивая подсистему сбора данных, можно выбрать частоту дискретизации для одго из опрашиваемых каналов, дать им осмысленные обозначения и наименования, настроить в каких единицах измерений будут регистрироваться данные по этому измерительному каналу. Данные по каналам могут регистрироваться всегда, по выбранному условию или не регистрироваться, а использоваться как источник данных для дальнейшей обработки или визуализации. Для удобства пересчета кодов АЦП в значения физического параметра в систему можно ввести чувствительность используемых датчиков и коэффициент усиления внешнего усилителя для каждого из каналов.

ACTest позволяет провести сквозную калибровку (тарировку) всего измерительного канала, подавая на его вход воздействия, калиб-

рованные или контролируемые образцовым прибором, и записывая коды АЦП непосредственно в память компьютера. Полученная таблица может быть обработана методом наименьших квадратов с целью получения уравнения регрессии, которое будет использоваться для пересчета кодов АЦП в значения параметров измеряемых физических величин. Пользователь может самостоятельно выбрать, какое из предлагаемого набора уравнений наилучшим образом описывает измерительный канал, а программа поможет ему, показывая графики измеренных точек и уравнений математической модели, описывающих ИК, а также величину суммы квадратов отклонений для каждого из рассчитанных уравнений регрессии.

В реальном масштабе времени возможен четырехуровневый допусковый контроль (верхние и нижние аварийные и предаварийные уровни) и математическая обработка поступающих данных.

В сценариях проведения измерений можно настроить набор полей априорной информации, которая будет использоваться для идентификации эксперимента и описания его результатов. Типовой набор таких полей - наименование стенда, наименование объекта испытания, режим эксперимента, дата и время проведения, фамилия ведущего и т.п.

При проведении измерений в реальном масштабе времени возможна визуализация получаемых данных с помощью виртуальных осциллографов, самописцев (временных и параметрических), спектроанализаторов, цифровых (табличных) и столбчатых элементов, а также отоб-



ражение мнемосхемы объектов. Количество одновременно отображаемых элементов ограничено, главным образом, разрешающей способностью применяемого монитора и возможностью человека-оператора к восприятию информации.

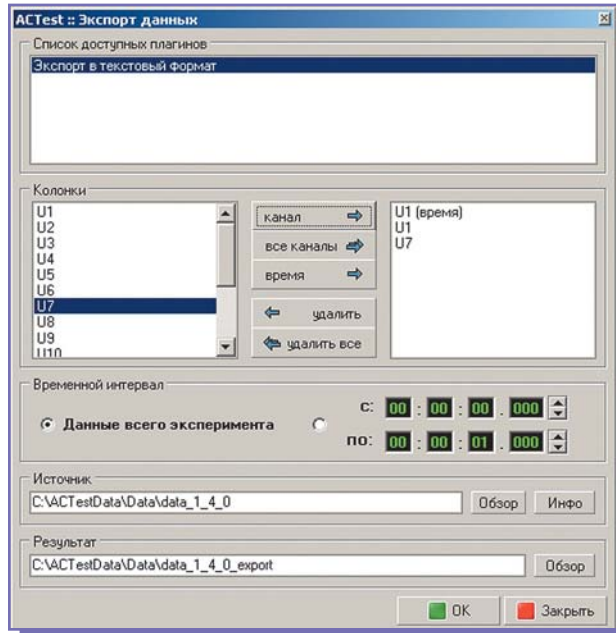
В процессе проведения измерений в соответствии со сценарием эксперимента можно рассчитывать целый ряд параметров на основе измеряемых данных, например, таких как действующее значение тока по его мгновенным значениям, частоту и период сигнала, сдвиг фаз, произведение, суммы, разности и отношения двух сигналов, статистические функции (среднее, min, max, дисперсия), проводить цифровую фильтрацию и спектральный анализ данных и др. При этом рассчитываемые данные равноправны с измеряемыми данными с точки зрения их визуализации, сохранения и использования в качестве источника.

По окончании испытаний экспериментатор может ввести свое субъективное мнение о проведенном опыте в окне специального текстового редактора (например, "объект поскрипывал и сильно искрил"). Эта информация будет сохранена в поле апостериорной информации базы экспериментальных данных.

ACTest позволяет просматривать и проводить после-сеансный анализ полученной информации. Одновременно могут обрабатываться данные различных испытаний, хранящихся в базе данных результатов экспериментов, можно выбирать любые результаты измерений, просматривать идентификационную и дополнительную информацию. Многооконный графический виртуальный "графопостроитель"

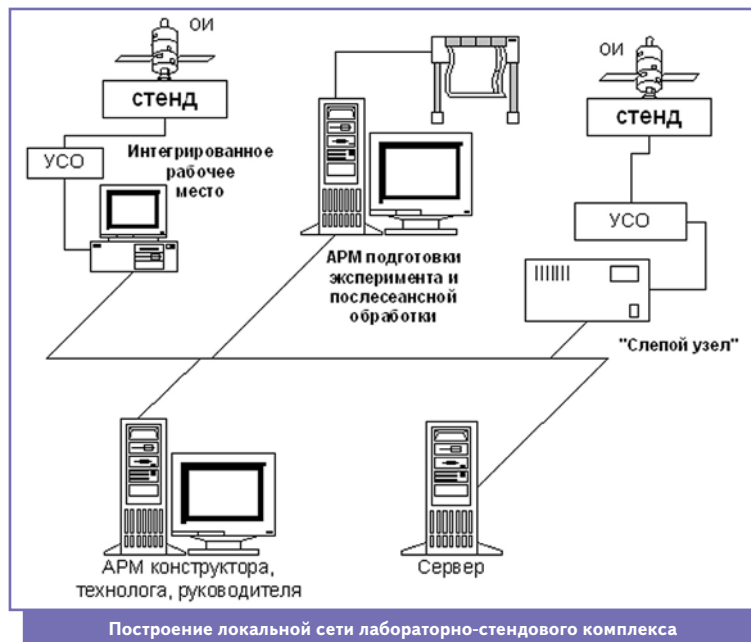
позволяет просматривать результаты измерений в виде графиков $Y = f(t)$, $Y = f(x)$. Имеется также возможность масштабирования и прокрутки графиков.

Графики из всего объема базы данных "без проблем" выбираются и накладываются друг на друга, позволяя визуально сравнивать такие графики, в т.ч. разной длины. Для



удобства сравнения возможно оперативное включение/отключение режима отображения любого из графиков. Имеется также возможность отображения графиков элементарных функций и аппроксимации экспериментальных данных графиками элементарных функций.

Виртуальный "графопостроитель"



Построение локальной сети лабораторно-стендового комплекса

тель" обеспечивает маркерные измерения (система поточечных и интервальных измерений), позволяющие измерить расстояния между любой парой точек графической плоскости, определить значения сигнала в характерных точках, экстремумы. Могут быть рассчитаны дополнительные характеристики сигнала (среднее значение, мин и max, определенный интег-

рал и т.п. по согласованию с заказчиком).

Возможности проведения обработки сигналов в модуле после-сеансной обработки шире, чем для модуля реального времени, и содержат практически полный "джентльменский" набор, включающий цифровую фильтрацию, спектральный и корреляционный анализ.

Программное обеспечение позволяет проводить экспорт данных в текстовые

файлы для сервисных режимов вторичной обработки данных (конвертеры в файлы данных MATHCAD, Excel и др. и обратное преобразование-импорт данных для хранения и визуализации).

В ACTest предусмотрена возможность документирования результатов измерений: режим печати графиков с

текстом сопровождения на любом принтере, использующем драйвер Windows. Комплекс ACTest позволяет проводить измерения как медленно меняющихся, так и быстропеременных процессов. В составе комплекса применялись платы сбора данных с частотой сбора до 100 МГц.

ACTest может функционировать как на одиночном компьютере, так и с использованием клиент-серверных технологий в рамках распределенной системы сбора и обработки данных.

И в заключение:

программный продукт ACTest награжден медалью "ГАРАНТИЯ КАЧЕСТВА И БЕЗОПАСНОСТИ" конкурса "Национальная безопасность-2002", проведенного в РФ.

КОНТАКТЫ:
 8-107-095-730-36-32
 e-mail: info@actech.ru