

## **ВВЕДЕНИЕ**

От точности средств измерения зависит эффективность выполнения различных функций: погрешности счетчиков энергии приводят к неопределенности в учете электроэнергии; погрешности весов ведут к большим объемам неучтенного товара. Повышение точности измерений позволяет определить недостатки технологических процессов и устранить их. Применение современных методов измерений, средств и систем автоматизации приводит к повышению качества продукции, экономии энергетических и тепловых ресурсов, сырья, материалов. Иллюстрируют сформулированные утверждения статьи наших авторов, представленные в настоящем разделе.

В первой работе рассматривается проект комплексной автоматизации технологического участка производственного предприятия, ключевая цель которого — повысить точность проводимых на предприятии испытаний. Вторая статья посвящена сравнению методов автоматизации лабораторных анализов (виртуальных и поточных анали-

затов). От точности выполнения лабораторных анализов зависит качество выпускаемой продукции предприятий, например, нефтехимической отрасли.

Применение высокоточных контрольно-измерительных приборов повышает результаты диагностических мероприятий в промышленных системах. Следующая статья раздела журнала посвящена оперативной локализации отказов сложных коммуникационных устройств в полевых условиях на базе оборудования компании Keysight Technologies.

В нашей повседневной жизни большое значение имеет временная точность. Бывает очень важно успеть на встречу к назначенному времени, вовремя вынуть пирог из духовки, кормить по часам новорожденных и т.д. В промышленной автоматизации требования к временным отрезкам еще более жесткие. Здесь присутствует понятие реального времени, отступать от которого недопустимо для многих ТП. О самых точных часах в мире, о принципе их работы идет речь в последней статье раздела.

## **Комплексная модернизация технологического участка определения скорости горения энергетических конденсированных систем**

**А.В. Ртищев (ООО «Лаборатория автоматизированных систем (АС)»),  
В.А. Гамий, А.В. Чушкин (ФГУП «ФЦДТ «Союз»)**

*Рассматривается проект модернизации технологического участка определения скорости горения энергетических конденсированных систем (ЭКС) на основе его комплексной автоматизации.*

*Ключевые слова: комплексная автоматизация, системы измерения и управления, датчики, испытание, термостатирование, скорость горения энергетические конденсированные системы.*

### **Введение**

Всесторонняя и многоплановая модернизация испытательно-экспериментальной базы предприятий военно-промышленного комплекса (ВПК) на настоящий момент является первоочередной задачей. Основным приоритетом развития является автоматизация производств и вывод людей из опасных и особоопасных зон. Быстрое развитие ВПК в последнее время требует современного подхода, предусматривающего комплексную автоматизацию сложных ТП при производстве и испытаниях образцов изделий. состояние испытательно-экспериментальной базы оставляло желать лучшего. В основном это морально и физически устаревшее оборудование 80-х годов XX века, которое уже не отвечает современным требованиям по развитию и обработке образцов новой техники и изделий. Попытки провести модернизацию только заменой устаревшего и изношенного оборудования на более современное принципиально не меняет

технологии процесса проведения испытания, не расширяет функциональность экспериментальной базы.

Модернизация испытательной базы предприятия — это, прежде всего, перевод ее на качественно новый уровень, существенное расширение функциональности, позволяющей вести обработку новых изделий.

Для решения этих проблем необходим комплексный подход по автоматизации испытательного оборудования и единая технология построения измерительных систем и систем управления. Накопленный опыт разработок и внедрений позволил выработать стратегию технического перевооружения и модернизации испытательной базы крупных промышленных предприятий [1, 2].

Выделим два основных направления работ для «правильной» модернизации испытательных комплексов:

— определение рациональной организации выполнения задач функционирования самого испыта-

тельного комплекса. Проводится глубокий анализ состояния испытательного комплекса до начала модернизации (функциональное состояние программно-технических средств, средств автоматизации, уникальность оборудования, сравнение с аналогами, сложность ТП). Исходя из этого принимается решение по работе над проектом: останется ли функционал таким же или появятся дополнительные возможности, следует ли произвести замену оборудования;

— разработка методов и средств построения инструментальной среды для синтеза систем автоматизации испытательно-экспериментальной базы предприятия в целом [2].

#### Описание объекта модернизации и автоматизации

Предложенный подход был реализован при модернизации технологического участка определения скорости горения энергетических конденсированных систем (ЭКС).

Анализ работы технологического участка до модернизации выявил ряд недостатков, к которым можно отнести применение устаревших средств измерений и программно-технических средств (многие из которых уже не выпускаются), высокую инструментальную погрешность при определении скорости горения, слабую защищенность от помех измерительных каналов, наличие фактора изменения начальной температуры образца

при огневом испытании, а также влияние человеческого фактора при подготовке и проведении испытания.

До модернизации на участке существовало полуавтоматизированное рабочее место испытателя. При измерении длины образца использовался механический индикатор, и все данные по измерениям заносились вручную в журнал. Термостатирование образцов проводилось в ячейкостных термостатах (изготовления 80-х гг. XX века) с ведением журнала термостатирования, куда вручную через определенный интервал времени заносились показания температуры с самопишущего моста (типа КСП).

Кроме этого, необходимость модернизации участка была обусловлена современными (более «жесткими») требованиями к проведению испытаний на определение скорости горения.

#### Реализация проекта

При разработке и проектировании комплексной системы автоматизации применялись современные подходы к автоматизации и модернизации испытательной базы предприятия. Немало внимания уделялось конфигурированию и проектированию оптимальной архитектуры будущей системы.

Реализация комплексной системы происходила поэтапно. Вначале разработан эскизный проект системы, в котором сформулирована задача системы

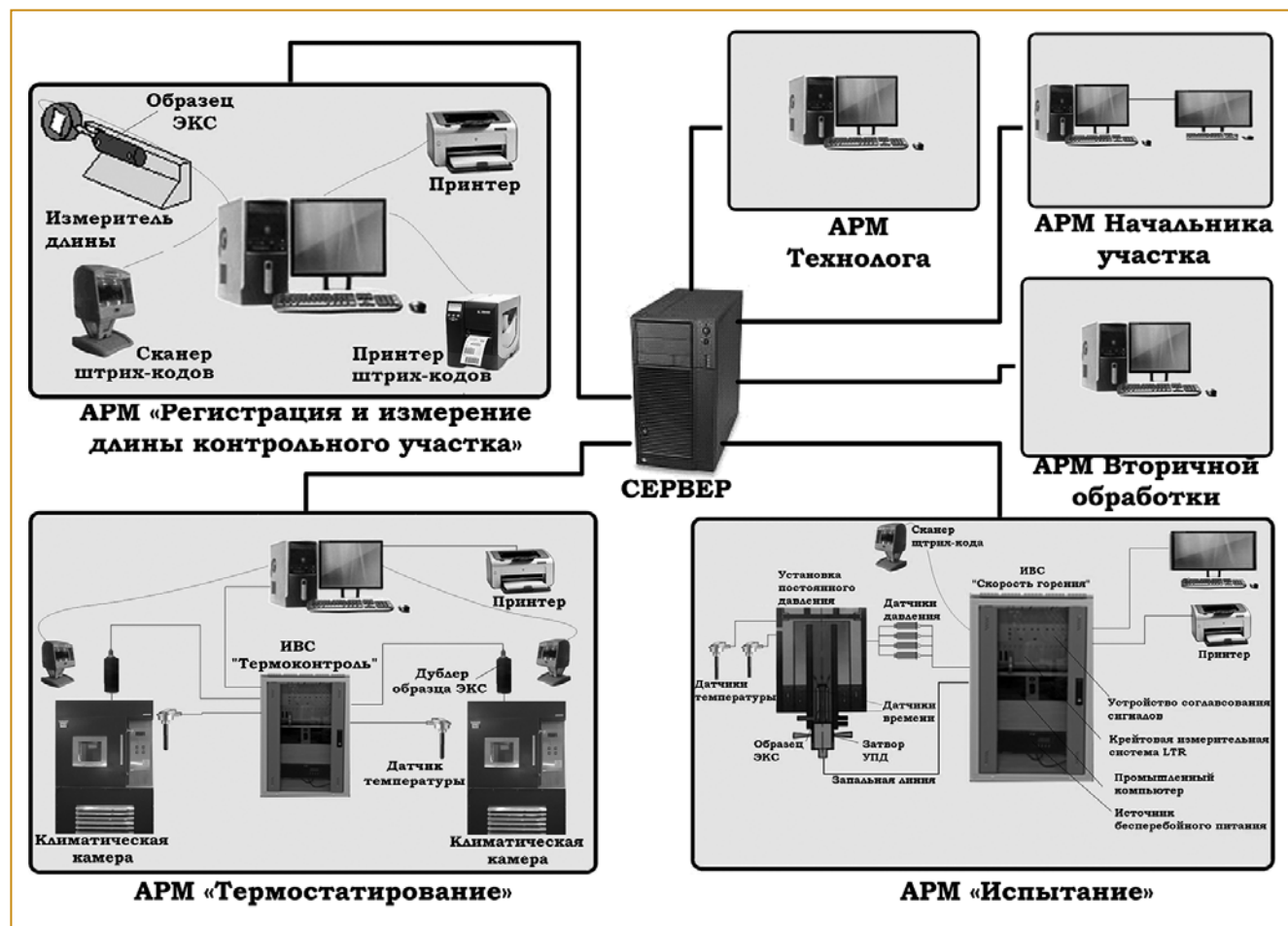


Рис. 1. Структурная схема комплексной системы для определения скорости горения ЭКС

## Горение синим пламенем, способствует оценке ценностей.

Андрей Табаков

в целом, тщательно исследована и детально спроектирована архитектура системы.

Основные задачи автоматизации ТП подготовки и проведения испытаний образцов ЭКС (далее образцов) на скорость горения:

- управление информационными потоками комплексной системы, включающей ряд специализированных АРМ;
- регистрация первичной информации по образцам в базе данных (БД);
- управление и мониторинг процессом термостатирования образцов;
- управление процессом определения скорости горения в ходе проведения огневых испытаний на установках постоянного давления (УПД);
- первичная и вторичная обработка информации по законам и требованиям Отраслевого стандарта;
- каталогизация (с резервированием) и хранение регистрируемой и обрабатываемой информации;
- представление результатов в виде установленных печатных и графических форм;
- обеспечение безопасности выполнения работ;
- мониторинг за всеми АРМ комплексной системы.

На следующем этапе были выбраны программно-аппаратные средства, наиболее полно отвечающие поставленным задачам.

Затем изготовлен макет АРМ-термостатирования и отработан на участке определения скорости горения. Позже претерпел модернизацию АРМ-испытателя. Для отдельного экземпляра АРМ-испытателя были разработаны новые программно-технические средства, включая современные средства измерения. Внедрена новая помехозащищенная схема определения времени срабатывания проволочных сигнализаторов для определения времени горения. После этого АРМ-испытателя сдан в эксплуатацию на участок для выявления недостатков и замечаний. В течение эксплуатации велся журнал учета неисправностей. По полученным результатам эксплуатации стало понятно, как проводить комплектацию основных АРМ и интегрировать их в комплекс.



Рис.2. АРМ испытателя

Далее было приобретено климатическое оборудование, полностью заменены все средства измерения, заново разработано программное обеспечение АРМ.

### Описание структуры комплексной системы автоматизации

Структурная схема комплексной системы автоматизации представлена на рис. 1.

Ядром системы служит выделенный сервер, на котором создана база данных образцов, программ испытаний, датчиков давления и температуры, результатов испытаний. Создание клиент-серверной системы обеспечивает хранение в структурированном виде всей информации, получаемой в ходе подготовки и проведения испытаний [2, 3].

К серверу подключаются клиенты — девять технологических АРМ (два АРМ-испытателя на схеме не указаны), на каждом из которых предусмотрена возможность использования штрих-кода для отслеживания процесса прохождения образца по всему технологическому циклу, начиная от поступления образца на участок и заканчивая испытанием его в УПД. Нанесение штрих-кодов предусмотрено только на двух АРМ — регистрации и измерения. На остальных АРМ (кроме АРМ-начальника участка) производится только считывание. Каждому образцу присваивается уникальный номер, по которому идентифицируется вся необходимая информация на каждом АРМ после его сканирования.

АРМ регистрации служит для ввода с маршрутного листа исходных данных на образцы, ввода информации о программе и методике испытания, занесения сведений о датчиках давления, температуры и другим измерительным преобразователям, сведений о калибровках и проведенных поверках измерительной аппаратуры в общую БД.

АРМ измерения образцов обеспечивает измерение длины контрольного участка горения образца и маркировку его штрих-кодом.

На АРМ регистрации и измерения образцов фиксируется информация о партии образца, принадлежность образца к серии, его геометрические размеры, требования по термостатированию и испытанию и др. После подготовки образца для дальнейших испытаний он маркируется штрих-кодом, который «привязывает» образец к его описанию в БД.

АРМы регистрации и измерения представляют подсистемы хранения информации об образцах на испытательной станции, а также информации по измерительному оборудованию. Эти подсистемы облегчают работу оператора по внесению данных по партиям, сериям, образцам в БД, позволяют представлять отчеты о заданиях на испытания, сохраняемых в БД, определяют последовательность действий оператора.

АРМ термостатирования выполняет следующие функции: подготовку задания для работы климатической камеры; управление термостатированием; контроль, регистрацию и визуализацию параметров процесса термо-

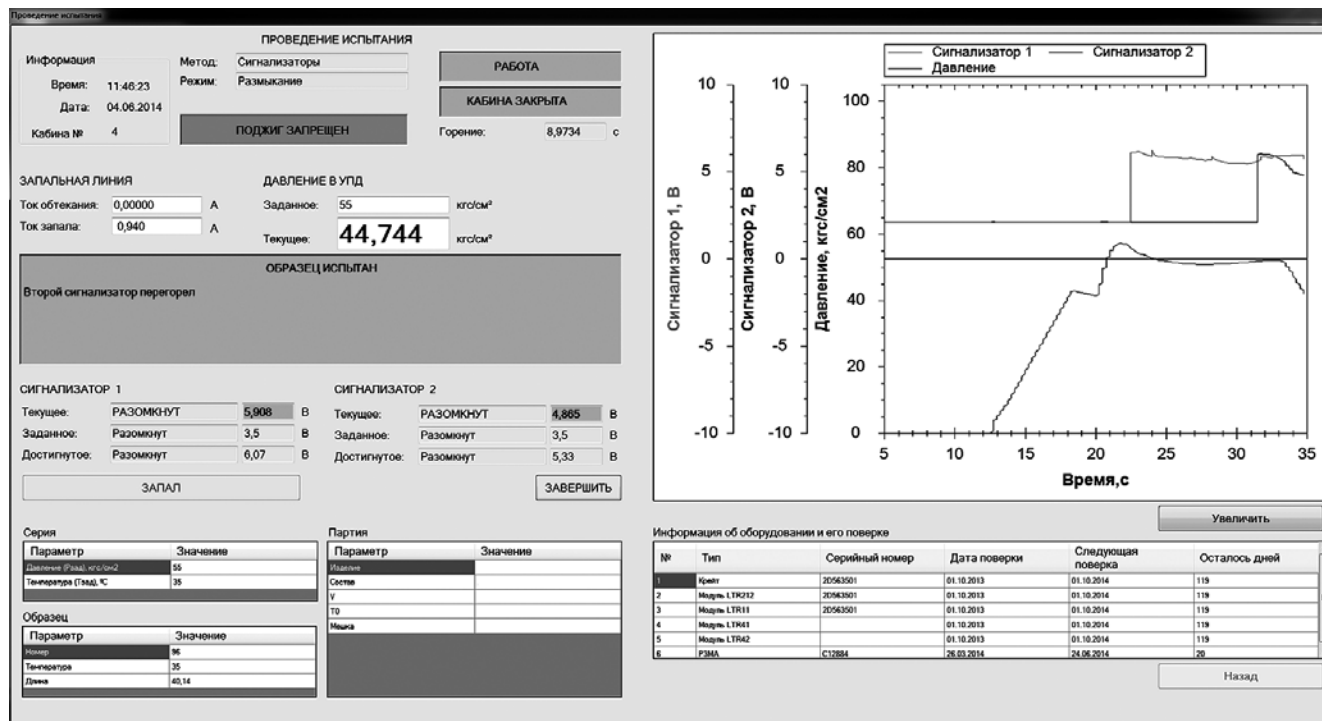


Рис. 3. Окно проведения испытаний на определение скорости горения

статирования образцов в климатических камерах и термостатах; считывание штрих-кода образца перед установкой в климатическую камеру, а также при его извлечении из камеры для контроля времени термостатирования.

Около каждой климатической камеры (термостата) устанавливается сканер штрих-кода и клеммный блок для подключения термометров сопротивления и датчиков образцов-свидетелей (дублеров), по которым определяется температура образцов в процессе термостатирования.

Использование такого набора компонент в составе АРМ значительно упрощает процесс подготовки образцов с требуемыми температурными характеристиками, облегчает проведение испытаний, исключает возможность влияния человеческого фактора. Высокоточные, сертифицированные, внесенные в Госреестр средства измерения позволяют проводить климатические испытания с заданной высокой точностью и повышенной надежностью.

АРМ испытателя (рис. 2) полностью автоматизирует работу испытателя на УПД, освобождает его от выполнения рутинных операций и практически полностью устраняет влияние человеческого фактора при проведении работ. При сканировании штрих-кода образца на АРМ с сервера автоматически загружается программа испытаний для расчета скорости горения. Процесс определения скорости горения осуществляется по стандартному методу, широко применяемому на предприятиях отрасли [4], а также по модернизированному методу «угловых точек» (патент на изобретение № 2494275. 2011). Работа испытателя сводится к установке образца в УПД и «поджигу» его командой, подаваемой через АРМ.

Датчики давления (в том числе используемые для них измерительные каналы) и температуры выбираются также путем сканирования их штрих-кода и автоматически фиксируются в программе. До момента подачи команды на «поджиг» испытатель видит полную информацию об образце, измерительных сигналах и оборудовании. В программе предусмотрен ряд проверок и сквозной контроль испытания, что существенно снижает ошибку при проведении испытания: контроль целостности цепи поджига, контроль наличия питающего напряжения, контроль цепи блокировки двери кабины УПД, режима работы программы, проверка срока очередной поверки используемого измерительного оборудования. Уровни и допуски на сигналы четко определены, в случае превышения уровня возникает запрет на испытание. При несоблюдении каких-либо требований, например, превышение времени нахождения образца после извлечения из климатической камеры или выбор образца другой серии, испытатель оповещается об этих отклонениях и включается запрет на начало испытаний — «поджиг» образца. На рис. 3 приведен интерфейс пользователя при проведении испытания на определение скорости горения.

После проведения огневых испытаний формируется отчет о результатах измерений и расчетов. АРМ может работать в режиме «имитации», что позволяет проводить тестирование системы и ее отдельных узлов по модели. АРМ испытателя позволяет проводить на рабочем месте калибровку датчиков давления с использованием эталонных грузопоршневых манометров и проверку канала измерения временного интервала с помощью частотомера.

Алгоритмы и программы определения скорости горения реализуют методы, защищенные патентами.



*АРМ технолога* предназначено для автоматизации работ по формированию протокола испытания партии изделий. На АРМ технолога проводится вторичная обработка результатов испытаний, формируются технологические паспорта. Использование единой БД облегчает поиск информации для расчетов.

*АРМ обработки (инженера-исследователя)* позволяет проводить анализ результатов испытаний, обрабатывать исходные данные, получаемые в ходе испытаний, по дополнительным алгоритмам и методикам.

Для визуальной обработки данных применяется программный пакет ACTest-Analyzer, разработанный в «Лаборатории автоматизированных систем (АС)» [5]. Наличие широкого инструментария программы обработки данных дает возможность инженеру-исследователю глубоко анализировать результаты испытаний серийных и опытных изделий.

*АРМ начальника участка* предназначено для контроля за состоянием ТП на всех технологических АРМ участка скорости горения, позволяет контролировать работу как отдельного АРМ, так и всю систему в целом, отслеживать путь движения образца от его подготовки до испытания, анализировать отчеты, полученные на каждом АРМ.

Все АРМ предусматривают наличие контроля уровня доступа для пользователей, что обеспечивает безопасность от несанкционированного доступа: например, администратору доступно изменять настройки подключения приборов и устройств, а также настройки программы; старшему оператору доступно изменять режимы функционирования программы.

Электропитание всех АРМ и сервера защищено источниками бесперебойного питания двойного преобразования, которые обеспечивают не только работу при отказе в подаче электроэнергии, но и эффективную фильтрацию сетевых помех.

Важным моментом комплексной системы является ее «масштабируемость»: существует возможность замены ее компонентов и добавления в архитектуру дополнительных модулей. Это позволит в будущем, оставаясь в рамках комплексного подхода и единой архитектуры системы, решать дополнительные задачи ТП определения скорости горения ЭКС. Развитие пакетов программ, защищенных свидетельством о государственной регистрации ПО для ЭВМ, выполненных по международному стандарту программирования, и серийно выпускаемых средств измерений обеспечивает эффективное развитие комплексной системы.

#### Результаты проекта

Целью рассматриваемого проекта было проведение комплексной модернизации с созданием

АРМов для увеличения производительности труда, исключения влияния человеческого фактора на определение скорости горения (получение результатов в процессе испытания), повышение точности измерений, а также выполнение основных требований Отраслевого стандарта, действующего на предприятиях отрасли.

По результатам проекта на участке горения размеры образца автоматически заносятся в БД с помощью электронного индикатора, при термостатировании применяется климатическое оборудование с ПИД-регуляторами. Процесс термостатирования ведется в автоматическом режиме. АРМ-технолога по дополнительным алгоритмам и методикам пересчитывает результаты испытаний и автоматически формирует технологические паспорта.

Таким образом, в результате проведенных работ по модернизации испытательных стендов решены следующие проблемы ТП определения скорости горения ЭКС:

- повышение производительности труда за счет автоматизации всего ТП;
- снижение общей инструментальной погрешности;
- улучшение качества работ и уменьшение брака при определении скорости горения образцов, в том числе за счет снижения влияния человеческого фактора.

Система сдана в опытную эксплуатацию в декабре 2014 г. и в настоящее время проходит отработку на технологическом участке.

#### Список литературы

1. *Перцовский М.И.* Стратегия развития и модернизации экспериментально-испытательной базы крупных промышленных предприятий // Автоматизация в промышленности. 2009. №6.
2. *Перцовский М.И., Ртищев А.В.* Комплексная система реального времени испытания сложного технического объекта: от теории к практике // Автоматизация в промышленности. 2014. №2.
3. *Чушкин А.В.* Комплексная автоматизированная система определения скорости горения ТРТ // Ракетно-космическая техника: Научно-технический сборник. Сер. XIV. Расчет, экспериментальные исследования и проектирование баллистических ракет с подводным стартом. 2012. Выпуск 1 (58).
4. *Гамий В.А., Калашников В.И., Куренков В.С., Юрлов А.Ф.* Методика использования проволочных сигнализаторов при измерении скорости горения РГТ // Боеприпасы и высокоэнергетические конденсированные системы. 2009. Выпуск 1.
5. *Перцовский М.И., Ртищев А.В., Шулик А.С., Яковлев А.В.* Программный комплекс ACTest – комплексный подход к автоматизации испытаний и экспериментальных исследований // RMMagazine. 2006. №.

*Ртищев Алексей Викторович — главный конструктор ООО «Лаборатория автоматизированных систем (АС)», Контактный телефон (495) 730-36-32. E-mail: rav@actech.ru*

*Гамий Виктор Александрович — канд. техн. наук, ведущий научный сотрудник,*

*Чушкин Александр Викторович — инженер ФГУП «ФЦДТ «Союз». Контактный телефон (495) 551-71-23. E-mail: fcdt@monnet.ru*