

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ SCADA «ЛАБОРАТОРНЫЕ СИСТЕМЫ» ДЛЯ РЕШЕНИЙ ПО АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ УРОВНЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

*Т. В. Байкова, Д. М. Ларин, А. В. Емельянов, А. А. Митенов, А. А. Стеньгач*

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

В РФЯЦ-ВНИИЭФ развивается целый ряд направлений исследований, имеющих фундаментальное и прикладное значение. Для проведения этих исследований используется существующая экспериментальная и испытательная база ВНИИЭФ, а также создаются новые экспериментальные установки. Технические комплексы (ТК) установок работают под управлением специального программного обеспечения (ПО).

Существуют различные подходы к автоматизации ТК – это использование коммерческих пакетов, создание собственных узкоспециализированных программ, создание собственного многоцелевого программного пакета, ориентированного на определенный круг задач измерений и управления. Оценивая технические требования к создаваемым программно-техническим комплексам (ПТК), и руководствуясь требованиями нормативных документов к ПО средств измерений, был выбран путь создания собственного многоцелевого пакета.

В данной работе описывается разработка комплекса ПО SCADA «Лабораторные системы», позволяющего в сжатые сроки создавать ПТК уровня экспериментальной установки.

## Описание типовой задачи по автоматизации

Сформулируем технические требования (ТТ), предъявляемые к ПО ПТК типовой экспериментальной установки, обеспечивающей измерение параметров специзделий и управление элементами установки.

ПО должно выполнять регистрацию аналоговых и дискретных параметров, а также временных параметров технологического процесса.

Соответственно аналоговый параметр является величиной, изменяющейся непрерывно (температура, давление в частях установки), а дискретный может принимать только фиксированные значения (насос включен/выключен, клапан открыт/закрыт).

Управление элементами установки должно выполняться по команде оператора и/или в автоматическом режиме.

По технологическим требованиям процесс измерения должен быть непрерывным, продолжительностью до 72 часов. Частота сбора данных с оборудования до 500 КГц.

Измерение давления газовой смеси в экспериментальной установке должно осуществляться в диапазоне от 1 до 2000 кгс/см<sup>2</sup>.

Измерение температуры должно осуществляться в пределах от минус 100 °С до плюс 1000 °С.

Для отображения текущего состояния регистрируемых параметров ПО должно реализовывать функцию человек – машина интерфейс (ЧМИ).

Применяемое, в качестве средств измерений, оборудование должно быть сертифицировано, внесено в государственный реестр средств измерений и допущено к применению в Российской Федерации.

Разрабатываемое ПО должно быть аттестовано в соответствии с требованием ГОСТ Р 8.654-2015. Стандарт устанавливает обязательные требования к ПО средств измерений (СИ), применяемых в сфере государственного регулирования обеспечения единства измерений, обусловленных необходимостью защиты ПО и измерительной информации от непреднамеренных и преднамеренных изменений, его идентификации и оценки влияния на метрологические характеристики СИ [1].

## Обоснование разработки

Обобщая ТТ разрабатываемых экспериментальных установок, видно что несмотря на различное назначение этих установок, их системы измерения, управления и визуализации имеют много общего по структуре, выполняемым функциям, аппаратному и программному обеспечению.

Основные функции ПО, позволяющие выполнить полноценный проект автоматизации:

- сбор данных от оборудования;
- первичная обработка данных;
- ведение архивов данных (баз данных);
- представление динамических мнемосхем объекта;
- представление трендов измеряемых величин;
- выдача сообщений о неисправностях и авариях;
- обработка команд управления;
- печать протоколов и отчетов.

Данный набор функций реализует ПО, определяемое, как SCADA-система, что дает основание воспользоваться коммерческим ПО.

С другой стороны, использование коммерческого пакета общего назначения оправдано для достаточно крупных дорогостоящих промышленных проектов, когда можно позволить покупку и ориентированного на него оборудование, обучение персонала, создание

службы технической поддержки. Такие пакеты характеризуются большим объемом и высокими аппаратными требованиями. Способность адаптации стандартных пакетов к меняющимся условиям, которые характерны для исследовательских задач, достаточно низка. Большинство этих пакетов являются средой разработки, а освоение сложного коммерческого пакета общего характера и адаптация его для интересующего круга задач может оказаться ничуть не проще написания собственного, узкоцелевого пакета.

Разработка узкоспециализированных программ оправдана для небольших систем измерения и управления. Однако слабым местом этого подхода является техническая поддержка установки, так как программу, как правило, никто кроме автора поддерживать не может. Поэтому время жизни таких программ, с учетом быстрого прогресса вычислительной и измерительной техники, невелико.

Учитывая сказанное и принимая во внимание такой важный фактор как независимость от импортных разработок, был выбран путь создания собственного многоцелевого пакета, ориентированного на решение определенного круга задач измерений и управления.

### Назначение ПО SCADA «Лабораторные системы»

ПО SCADA «Лабораторные системы» предназначено для создания программно-аппаратных комплексов, выполняющих сбор данных с аппаратуры комплекса, их отображение, обработку и управление элементами комплекса.

ПО SCADA «Лабораторные системы» обеспечивает:

- непрерывный дистанционный мониторинг основных физических параметров комплекса, в том числе давления, температуры, текущего состояния оборудования;
- отображение результатов измерений на экране монитора управляющего компьютера в виде мнемосхем и визуальных объектов;
- управление удаленными объектами (автоматическое и/или инициируемое оператором);
- непрерывное сохранение данных измерений в файлы на жестком диске персонального компьютера;
- пост-обработку данных измерений, в том числе графическое отображение в едином временном диапазоне, применение расчетных алгоритмов обработки.

### Архитектура ПО SCADA «Лабораторные системы»

Архитектура ПО SCADA «Лабораторные системы» приведена на рис. 1.

В структуру ПО SCADA «Лабораторные системы» входят:

- автоматизированное рабочее место (АРМ);
- модуль сбора данных (для каждого типа оборудования);
- модуль обработки данных;
- модуль идентификации ПО.

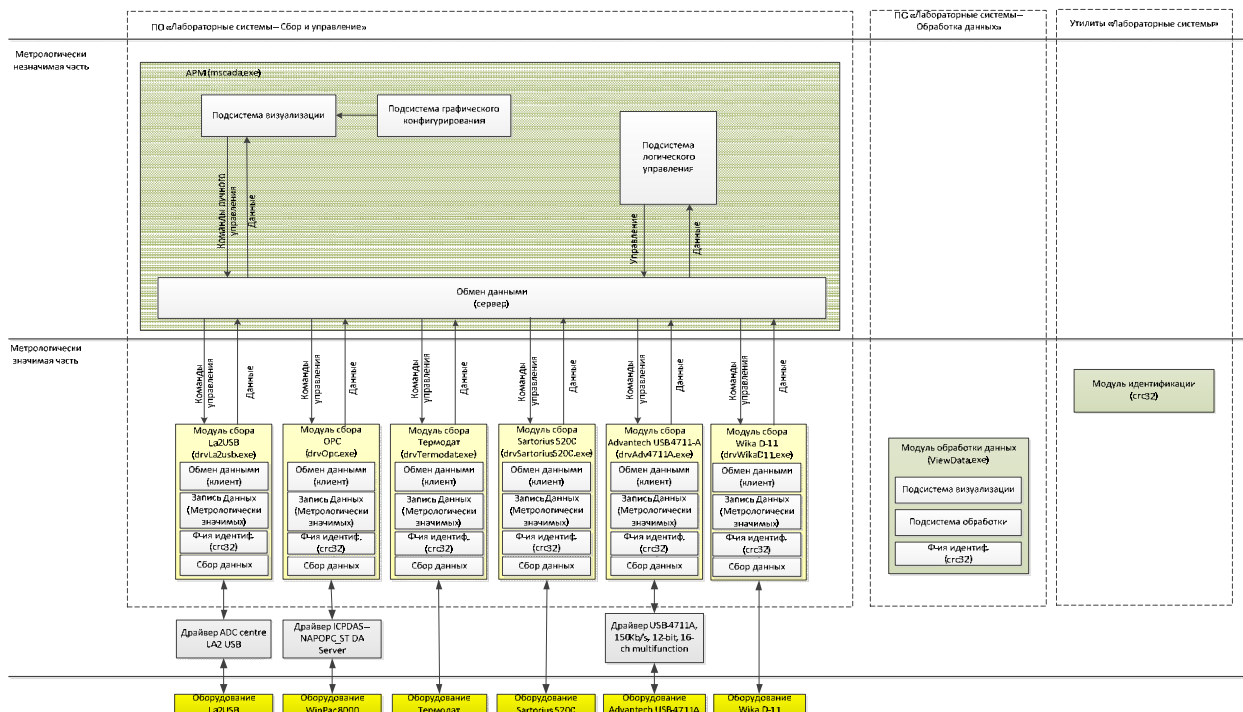


Рис. 1. Архитектура ПО SCADA «Лабораторные системы»

## Модуль АРМ

Модуль АРМ предназначен для визуализации текущего состояния ПТК. АРМ обеспечивает выполнение функций:

- обмен данными с модулями сбора, в т. ч. прием, обработку, передачу управляющих команд;
- визуализацию данных СИ, в т. ч. результатов измерений и/или результатов обработки измерительной информации;
- вывод аварийных или предупредительных сообщений;
- конфигурирование визуального представления СИ посредством элементов графического интерфейса;
- обеспечение защиты подлинности и целостности файлов с данными;
- автоматическое выполнение пользовательских программ (алгоритмов) логического управления.

В структуре АРМ выделены подсистемы:

- подсистема визуализации;

- подсистема графического конфигурирования;
- подсистема логического управления.

## Подсистема визуализации

Общий вид графического интерфейса подсистемы визуализации изображен на рис. 2.

Для вывода аварийных и предупредительных сообщений, упорядоченных по времени их возникновения, предназначено окно тревог, позволяющее контролировать тревоги, не вызывая конкретную экранную форму. Пример окна тревог приведен на рис. 3.

Для визуального представления текущего состояния элементов ПТК используются визуальные компоненты:

- мнемосхема;
- тренд;
- аналоговый датчик;
- дискретный датчик;
- клапан;
- кнопка.

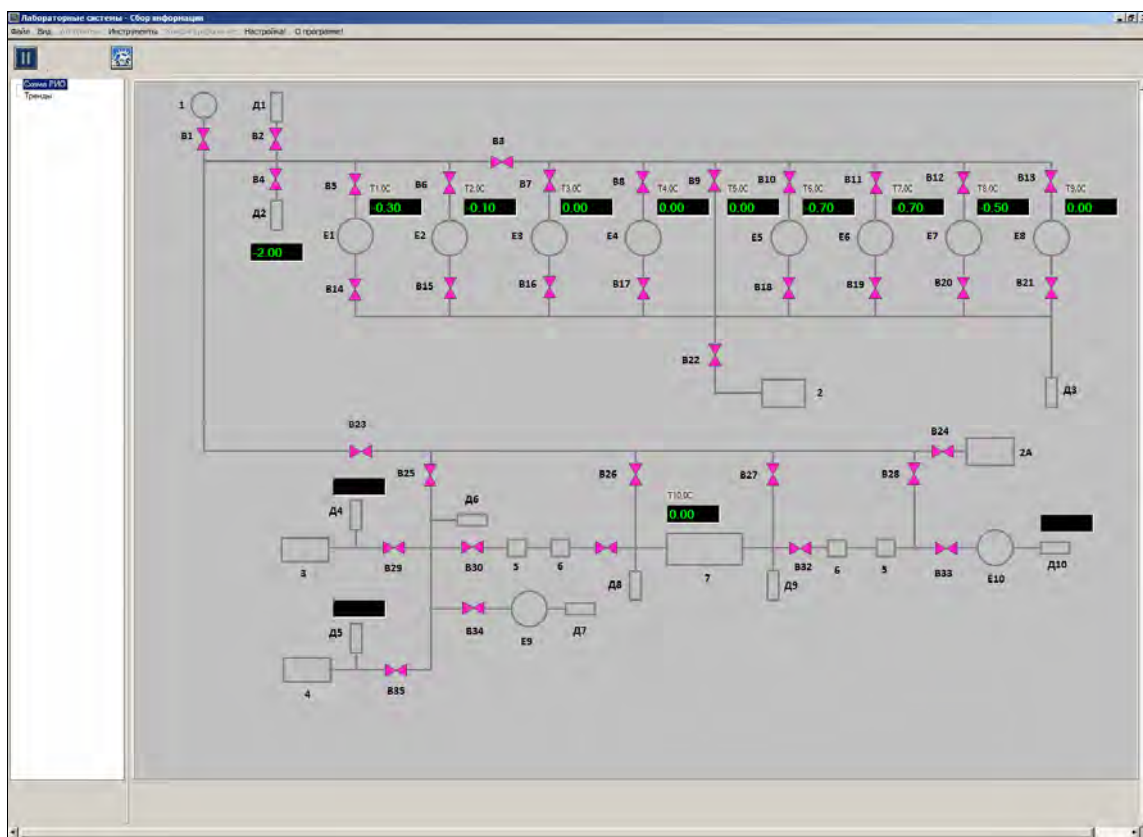


Рис. 2. Графический интерфейс подсистемы визуализации

Дата	Тип	Параметр	Значение	Комментарий	Комментарий	Удалить
05/21/2015 13:18:28	ИО	ПТК_2	28.000000	Повышение номинального допустимого значения диапазона предупредительной уставки		✓
05/21/2015 15:19:00	ПС	ПТК_4	28.000000	Повышение номинального допустимого значения диапазона предупредительной уставки		✓
05/21/2015 15:18:09	ПС	ПТК_5	28.200001	Повышение номинального допустимого значения диапазона предупредительной уставки		✓
05/21/2015 13:19:09	ИО	ПТК_2	31.800000	Отказ устройства		✓
05/21/2015 13:18:06	ИО	ПТК_1	33.000000	Отказ устройства		✓

Рис. 3. Окно тревог

### Мнемосхема

Для представления телеметрической схемы объекта автоматизации предназначен визуальный компонент – мнемосхема, на котором могут быть размещены другие визуальные компоненты. Переход по экранам осуществляется при выборе соответствующего элемента списка экранов. В качестве подложки мнемосхемы может быть использован файл графического формата (bmp, jpeg). Список экранов и фрагмент мнемосхемы приведены на рис. 4.

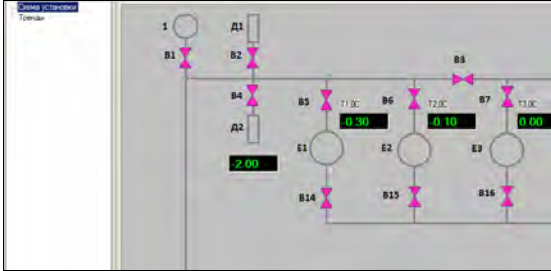


Рис. 4. Визуальный компонент – Мнемосхема

### Тренд

Визуальный компонент – тренд предназначен для отображения зависимости привязанных параметров в исторической перспективе. Пример тренда приведен на рис. 5.

Область настройки тренда позволяет осуществить:

- привязку параметра системы к соответствующему графику тренда;
- вкл./выкл. отображения соответствующего графика параметра;
- выбрать активную ось ОУ (левую/правую) для соответствующего графика параметра;
- изменить цвет отображения соответствующего параметра.

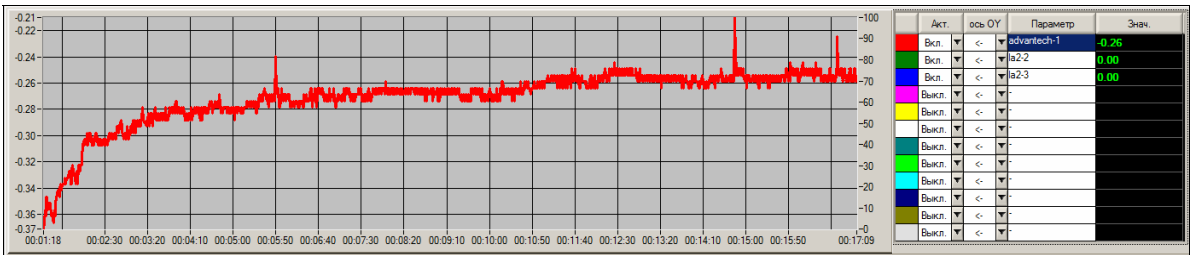


Рис. 5. Визуальный компонент – Тренд

### Аналоговый датчик

Для отображения текущего значения аналогового параметра предназначен визуальный компонент – Аналоговый датчик. Пример Аналогового датчика приведен на рис. 6.



Рис. 6. Визуальный компонент – Аналоговый датчик: а – достоверное значение; б – недостоверное значение

### Дискретный датчик

Для отображения текущего значения дискретного параметра предназначен визуальный компонент – Дискретный датчик. Пример Дискретного датчика приведен на рис. 7.



Рис. 7. Визуальный компонент – Дискретный датчик: а – состояние по умолчанию; б – состояние на заданное значение

### Клапан

Для отображения текущего состояния и выполнения функции управления электрическим/пневматическим клапаном предназначен визуальный компонент – Клапан. Пример клапана приведен на рис. 8.

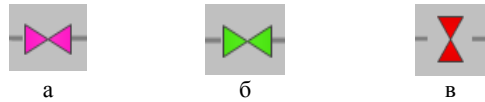


Рис. 8. Визуальный компонент – Клапан: а – состояние не определено; б – клапан открыт; в – клапан закрыт

Пример окна управления телемеханизированным клапаном приведен на рис. 9.

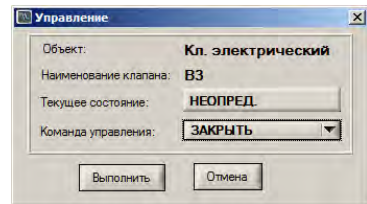


Рис. 9. Окно управления клапаном

### Кнопка

Визуальный компонент- Кнопка предназначен для запуска пользовательской подпрограммы логического управления (алгоритма или стороннего исполняемого модуля \*.exe, \*.bat). Пример визуального компонента Кнопка приведен на рис. 10.



Рис. 10. Визуальный компонент – Кнопка: а – состояние по умолчанию; б – состояние на заданное значение

## Подсистема графического конфигурирования

Подсистема графического конфигурирования предназначена для создания визуальных компонентов системы и настройки свойств отображения. Создание/удаление визуальных компонентов выполняется при помощи панели инструментов, представленной на рис. 11.



Рис. 11. Панель создания визуальных компонентов

Подсистема графического конфигурирования позволяет производить настройку свойств визуальных компонентов, на примере аналогового датчика, при помощи диалогового окна изображенного на рис. 12.

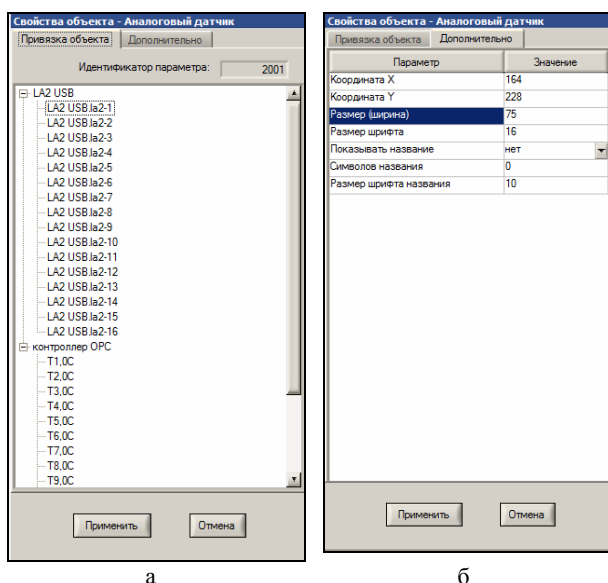


Рис. 12. Настройка свойств визуальных компонентов: а – вкладка – Привязка объекта; б – вкладка – Дополнительно

## Подсистема логического управления

Подсистема логического управления обеспечивает, независимое от основных программных потоков, исполнение пользовательских программ (алгоритмов) логического управления в ПТК.

Для описания логики автоматического управления оборудованием используется внутренний язык программирования.

### Модуль сбора данных

Модуль сбора данных предназначен обмена данными с соответствующим оборудованием экспериментальной установки. В настоящее время разработаны модули сбора, список которых приведен в табл. 1.

Структура всех модулей сбора данных унифицирована. На рис. 13 приведена структура модуля сбора La2USB.

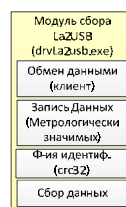


Рис. 13. Модуль сбора данных LA2USB

Модуль сбора данных выполняет следующие функции:

- обмен данными с оборудованием;
- первичное преобразование принятых данных к значениям физической величины для каждого канала;
- запись метрологически значимых данных в файл специального формата (.d15);
- обеспечение защиты подлинности и целостности файла с данными;
- обмен данными с модулем АРМ, в т. ч. передача данных для визуализации и прием управляющих команд.

Таблица 1

Список разработанных модулей сбора

Наименование модуля	Оборудование, производитель
Модуль сбора La2USB	Преобразователь измерительный аналого-цифровой LA-2USB-12, ЗАО «Руднев – Шилиев»
Модуль сбора Термодат	Прибор для измерения и регулирования температуры «ТЕРМО-ДАТ», ООО «Техноавтоматика»
Модуль сбора OPC	Оборудование, поддерживающее обмен по стандарту OPC, в т. ч. контроллеры и модули серий 7000, 8000, ICPDAS
Модуль сбора Sartorius5200	Весы «Sartorius 5200»
Модуль сбора AdvantechUSB4711A	Плата высокоскоростного сбора данных AdvantechUSB-4711A, Advantech
Модуль сбора WikaD11	Преобразователь давления измерительный WIKAD-11, WIKA



### Описание хранимых или передаваемых наборов данных

Сбор, хранение и передача наборов данных выполняется в виде файлов специального формата (.d15). Формат и размеры полей файла приведены в табл. 2.

Таблица 2

Формат и размеры полей файла .d15

Поле	Размер, байт	Назначение
begin_time	8	Временная метка начала сбора
data_crc32	4	Защита подлинности и целостности данных
drv_crc32	4	Идентификационный признак модуля сбора данных
cfg_crc32	4	Идентификационный признак конфигурации
data	до 2 Гб	Данные измерений

### Модуль обработки данных

Модуль обработки данных предназначен для пост-обработки собранных и сохраненных в файлы программными модулями сбора массивов информации.

Модуль обработки данных выполняет следующие функции:

- загрузку ранее сохраненных модулями сбора массивов информации;
- обеспечение защиты подлинности и целостности файла с данными;
- графическое отображение загруженных данных в едином масштабе и временном диапазоне;
- применение к исходным массивам информации фильтров обработки данных;
- просмотр критически важных диапазонов информации с выводом текущих значений;
- экспорт полученных после обработки массивов информации в приложение MS Excel;
- копирование области отображения в буфер обмена (Clipboard);
- вывод области отображения на печать.

Пример главного окна модуля с загруженными данными показан на рис. 14.

Интерфейс модуля обработки данных содержит рабочие области:

- главное меню – содержит вкладки Файл, Вид, Обработка с необходимым набором инструментов;
- область инструментов – содержит набор инструментов (зависит от выбранной вкладки) для загрузки ранее сохраненных массивов информации, вывода информации об эксперименте, настройки каналов для отображения, обработки данных;
- область отображения данных – отображает данные в графическом виде.

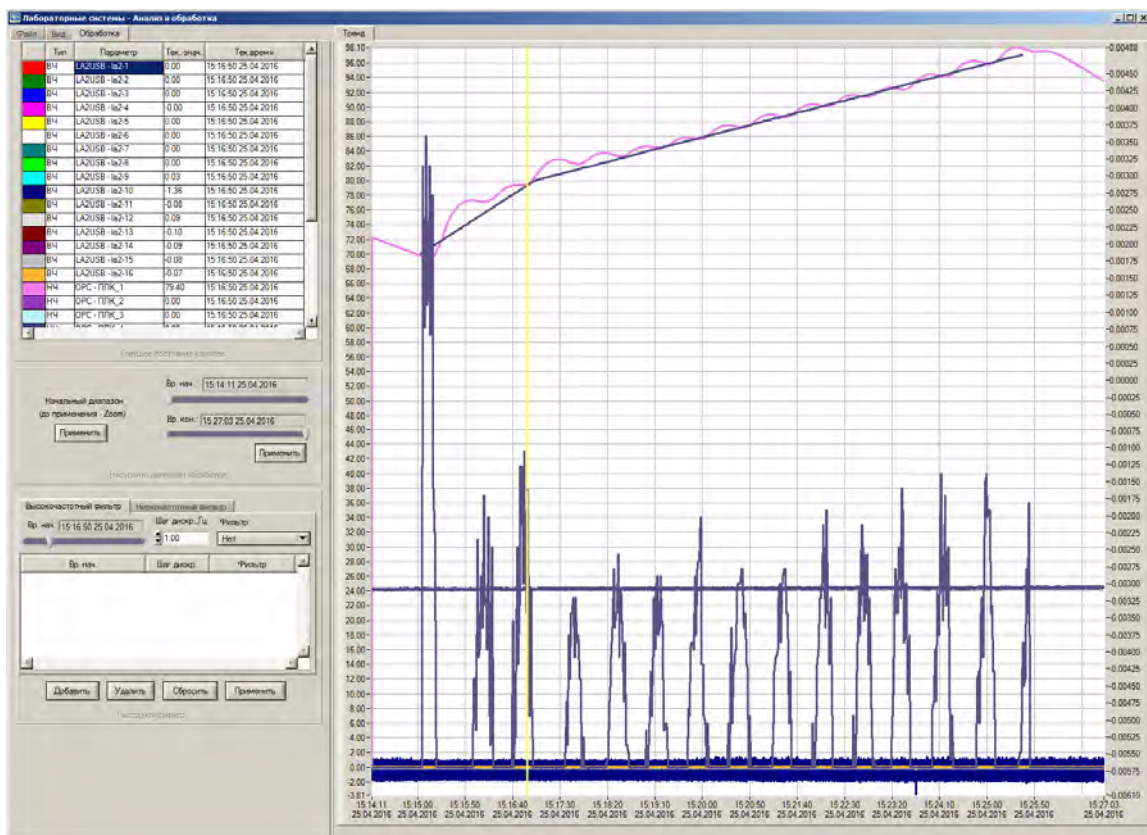


Рис. 14. Главное окно модуля обработки данных

## **Модуль идентификации**

Модуль идентификации предназначен для выполнения функции защиты ПО. Функция защиты ПО реализована на основе алгоритма хеширования, который сжимает содержимое блока данных в число определенной длины (хеш-сумма), такое, что изменение любого бита блока данных приводит к другой хеш-сумме.

### **Выполнение требований нормативной документации**

Как уже было сказано ранее, разработанное ПО должно быть аттестовано в соответствие с требованием ГОСТ Р 8.654 – 2015, который распространяется на ПО автоматизируемых систем, функционирующих с использованием СИ или компонентов измерительных систем. Рассмотрим требования, которые были учтены при разработке комплекса ПО.

В соответствие требованию к разделению программного обеспечения в разрабатываемом ПО функционально выделены метрологически значимые и не значимые части (рис. 1). При таком разделении только метрологически значимые части ПО подлежат оценке соответствия – сертификации.

Для защиты сертифицируемого ПО и данных от случайных или непреднамеренных изменений реализовано:

– в сертифицируемом ПО отсутствуют функции удаления и изменения данных;

– в файлы, содержащие метрологически значимые данные, введены дополнительные поля для записи идентификационных признаков (см. табл. 2);

– контроль идентификационных признаков и целостности на этапе обработки данных;

– событие обнаружения сбоев случайного или непреднамеренного характера фиксируется в журнале событий.

Для защиты сертифицируемого ПО и данных от преднамеренных изменений предусмотрена:

– защита метрологически значимой части ПО СИ от несанкционированной модификации выполняется методом идентификации;

– защита данных обеспечивается путем использования дополнительных полей для записи идентификационных признаков (см. табл. 2).

### **Заключение**

В ходе выполненных работ было разработано ПО SCADA «Лабораторные системы», позволяющее в кратчайшие сроки создавать ПТК уровня экспериментальной установки. Эксплуатация нескольких ПТК, созданных на базе разработанного ПО, показала хорошие эксплуатационные характеристики, высокую надежность и возможность быстрой адаптации для решения новых задач.

### **Литература**

1. ГОСТ Р 8.654-2015. Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений.