

# ПРОГРАММА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ КОНТРОЛЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ «ПАКТ 2.0»

*Н. В. Ценцова, Е. А. Осипова, А. О. Серова*

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

## Введение

Применение и развитие измерительной техники всегда было обусловлено потребностями производства, торговли и других сфер человеческой деятельности. Контрольно-измерительные операции давно стали неотъемлемой частью технологических процессов и в значительной степени определяют качество выпускаемой продукции. Прогресс измерительной техники неразрывно связан с научно-техническим прогрессом. Новые научные и технические задачи приводят к новым измерительным задачам, для которых нужны новые средства измерений.

Информационно измерительные системы (ИИС) являются симбиозом аппаратных средств и алгоритмов обработки измерительной информации. При этом, благодаря наличию в составе ИИС ЭВМ, возможна дальнейшая обработка результатов измерений, полученных путем обработки первичной измерительной информации. Это позволяет решать с помощью ИИС широкий спектр других задач, не являющихся чисто измерительными, например, контроль качества и др. Системы автоматического контроля являются одной из разновидностей ИИС.

Для решения задач автоматизации контрольных операций и сокращения времени на проверку приборов в нашем подразделении был разработан комплекс программ автоматизированного контроля и тестирования (ПАКТ). В настоящее время ПАКТ успешно применяется для проверки приборов автоматики и пультовой аппаратуры.

В докладе приведены результаты модернизации программного комплекса «ПАКТ 2.0», обеспечивающие его работу в современных операционных системах (ОС), таких как GNU/Linux, MS Windows 7, 10. «ПАКТ 2.0» соответствует требованиям ГОСТ Р 8.654-2015 [1] к структуре и идентификации программного обеспечения. В докладе представлена обновленная структура программного комплекса, его основные зависимости и характеристики. Описаны новые возможности «ПАКТ 2.0», обеспечивающие надёжность и удобство использования программы пользователем.

## Задачи, решаемые программным комплексом «ПАКТ 2.0»

«ПАКТ 2.0» – комплекс программных средств, позволяющий проводить проверку объекта контроля (ОК) в автоматическом режиме.

Главной задачей данного комплекса является снижение доли участия человека в процессе контроля измерительной и пультовой аппаратуры. Наряду с этим комплекс решает следующие задачи:

- удалённое управление измерительной аппаратурой;
- проведение экспериментов;
- сбор и обработка данных;
- принятие решения о годности ОК;
- простой унифицированный пользовательский интерфейс;
- единый вид протокола проверки;
- проверка целостности программного обеспечения (ПО).

Работа «ПАКТ 2.0» основана на принципах кроссплатформенности, модульности, переносимости и многозадачности.

## Архитектура программного комплекса «ПАКТ 2.0»

«ПАКТ 2.0» представляет собой модульное клиент-серверное приложение, использующее веб-технологии для взаимодействия с пользователем. Организация пользовательского интерфейса комплекса в виде веб-приложения позволяет добиться максимальной кроссплатформенности.

Ранее для работы «ПАКТ» было необходимо, чтобы на персональный компьютер была установлена 32-разрядная версия ОС Windows XP. Модернизация программного комплекса позволила перевести программу на работу в современных операционных системах, таких как GNU/Linux, MS Windows 7, 10 [2].

«ПАКТ 2.0» имеет модульную структуру, что позволяет разделить ПО на метрологически значимую и метрологически незначимую части для соответствия ГОСТ Р 8.654-2015. «ПАКТ 2.0» включает в себя следующие модули:

- модуль «Пользовательский интерфейс» – веб-приложение, которое отвечает за ввод информации для начала проверки и представление результатов контроля;
- модуль «Окно» – приложение для формирования основного окна ПАКТ, служит для загрузки пользовательского интерфейса (замена браузера Chrome);
- модуль «Защищенный интерфейс» – программный модуль, реализующий протокол обмена данными между метрологически значимыми и метрологически незначимыми модулями комплекса;

– модуль «Управление», метрологически значимый программный модуль, реализующий функции веб-сервера и программы запуска проверки подлинности ПО с помощью модуля «Идентификатор»;

– модуль «Методика» – метрологически значимый программный модуль, реализующий методику проверки ОК, содержит программный код для проведения экспериментов, обработки экспериментальных данных, контроля вхождения в нормы. Модуль меняется в зависимости от ОК и методики проверки.

Схема взаимодействия модулей «ПАКТ 2.0» представлена на рис. 1.



Рис. 1. Схема взаимодействия модулей «ПАКТ 2.0»

Загрузка «ПАКТ 2.0» начинается с запуска программного модуля «Окно». Модуль «Окно» запускает веб-сервер, а также запрашивает стартовую страницу пользовательского интерфейса у модуля «Управление», после чего начинается загрузка модуля «Пользовательский интерфейс». Модуль «Управление» проверяет подлинность и целостность метрологически значимой части ПО с помощью модуля «Идентификатор» и загружает модуль «Методика». «Пользовательский интерфейс» устанавливает связь с модулем «Управление» через модуль «Защищенный интерфейс». Модули «Идентификатор» и «Защищенный интерфейс» введены в состав «ПАКТ 2.0» для соответствия требованиям ГОСТ Р 8.654-2015 и защищают метрологически значимые данные от преднамеренного или случайного изменения.

### Модуль «Окно»

Программный комплекс «ПАКТ 2.0» использует веб-интерфейс для взаимодействия с пользователем. Для его представления в предыдущей версии использовался веб-браузер Google Chrome. Функциональные возможности веб-браузера избыточны для проверки ОК (нет необходимости в использовании строки ввода адреса, кнопок переходов, журналов посещений, плагинов и прочее). Все что нужно – это только механизм отрисовки документов HTML, поддержка CSS и JavaScript. В «ПАКТ 2.0» вместо веб-браузера используется программный комплекс Electron, который уже включает в себя минимальную версию веб-браузера Chromium.

Так как разрабатываемое ПО должно располагаться на клиентской машине и должно предоставлять привычный интерфейс для взаимодействия, было принято решение выделить Electron со специально разработанным сценарием запуска внешних приложений и системой конфигурации внешнего вида в отдельный программный модуль. Это позволяет использовать данный модуль в других проектах.

Модуль «Окно» представляет собой независимую программу-оболочку для отображения различных веб-документов. Согласно ГОСТ Р 8.654-2015, он не является метрологически значимым ПО и не подлежит обязательной аттестации.

Модуль «Окно» предназначен для отображения текстовых документов, выполненных на языке HTML, предоставляет возможности выбора адреса отображаемого документа перед запуском программы, запуска внешней программы (например, веб-сервера) перед загрузкой HTML-документа. Вид главного окна программного модуля «Окно» представлен на рис. 2.



Рис. 2. Визуальное представление модуля «Окно»

Программа разработана в среде программирования Electron с использованием языка программирования JavaScript.

Программа «Окно» состоит из двух составных частей:

- программный комплекс Electron;
- модуль управления окном.

Программный комплекс Electron – свободное ПО, позволяет создавать кроссплатформенные приложения с использованием веб-технологий, таких как HTML, CSS, JS. Electron включает в себя Node.js и Chromium [3]. Node.js – интерпретированный язык программирования, построенный на основе JavaScript, добавляет возможность JavaScript взаимодействовать с устройствами ввода-вывода через свой API, подключать внешние библиотеки, написанные на разных языках, обеспечивая вызовы к ним из JavaScript-кода. Chromium – минимальная версия веб-браузера, контролируемого JavaScript.

Модуль управления окном содержит файлы, необходимые для работы приложения:

- «package.json» выполняется при старте приложения, содержит основную информацию о проекте (версия, название, точка входа и т. д.);
- «main.js» – точка входа приложения, содержит скрипт для открытия окна приложения, определяет некоторые параметры и обработчики событий;
- «config.json» – файл конфигурации;
- файлы отображаемых HTML-документов и исполняемые файлы загружаемых внешних программ (при необходимости).

Файл конфигурации «config.json» содержит параметры открытия окна браузера, наименование загружаемых документов и запускаемых внешних программ. Он представляет собой текстовый документ в формате JSON, конфигурация представлена в виде словаря «ключ-значение».

### Модуль «Пользовательский интерфейс»

Программный модуль «Пользовательский интерфейс» отвечает за предоставление оператору органов управления программой и представление результатов проверки. Как и в предыдущей версии «ПАКТ», пользовательский интерфейс реализован в виде веб-приложения. Применение веб-технологий обеспечивает максимальную кроссплатформенность и широкие возможности для формирования элементов пользовательского интерфейса.

На рис. 3 приведён внешний вид формы для ввода данных в программу.

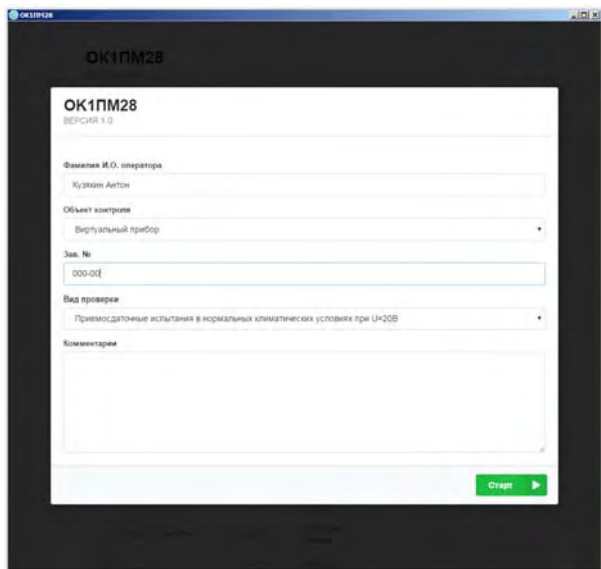


Рис. 3. Форма ввода данных в программу

Форма позволяет выбрать ОК, вид проверки, указать заводской номер проверяемого устройства, ввести имя оператора. Данная информация характеризует проверку и отражается в итоговом протоколе.

На рис. 4 приведен внешний вид программы в ходе проверки. Протокол доступен сразу после за-

пуска проверки и заполняется программой по мере поступления информации от модуля «Методика». В отличие от предыдущей версии «ПАКТ», где протокол формировался на стадии выполнения проверки с помощью специальных функций и классов, требовал отдельной отладки и проверки, в новой версии протокол верстается полностью на языке HTML и может быть проверен в любом веб-браузере или даже в программе MS Word. Места отображения контролируемых параметров обозначаются специальными атрибутами в разметке документа. Такая организация позволяет на ранних стадиях разработки согласовать и утвердить внешний вид разрабатываемой программы, определить перечень контролируемых параметров и их место в протоколе.

Протокол состоит из трех основных частей: шапка протокола, поле вывода сообщений и таблица результатов.

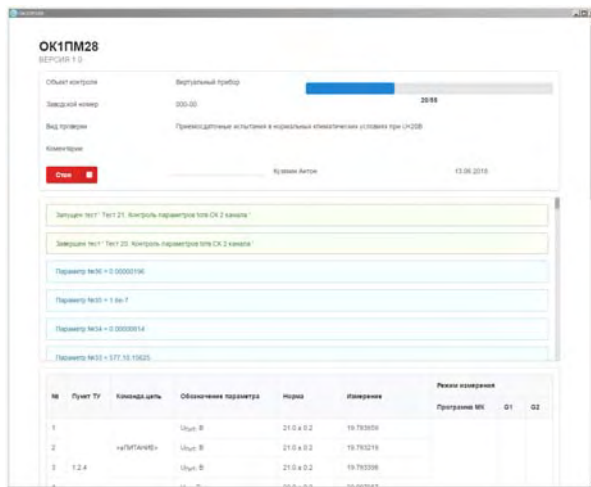


Рис. 4. Внешний вид протокола проверки

Шапка протокола содержит информацию о проверяемом объекте и операторе. Так же во время проверки в шапке отображается полоса прогресса и кнопка «Стоп». Кнопка «Стоп» позволяет прекратить проверку в случае необходимости.

Поле вывода сообщений отображает информационные сообщения, полученные от модуля методика в ходе выполнения проверки. В поле выводится такая информация, как: начало проверки, начало выполнения теста, начало выполнения эксперимента, значение параметра.

Таблица результатов предназначена для структурированного представления результатов проверки.

На рис. 5 приведен вид протокола после завершения проверки. В пользовательском интерфейсе вместо полосы прогресса выводится результат контроля. Скрыта кнопка «Стоп» и поле вывода сообщений.

Данный вид протокола доступен для печати.

Объект контроля	Виртуальный прибор	ГОДЕН
Заводской номер	000-00	
Вид проверки	Приемосдаточные испытания в нормальных климатических условиях при U=20В	
Комментарии		
Кузякин Антон		13.06.2018

№	Пункт ТУ	Команда, цепь	Обозначение параметра	Норма	Измерение	Режим измерения		
						Программа МК	G1	G2
1	1.2.4	«±ПИТАНИЕ»	U <sub>пит.</sub> , В	21.0 ± 0.2	20.9			
2			U <sub>пит.</sub> , В	21.0 ± 0.2	20.9			
3			U <sub>пит.</sub> , В	21.0 ± 0.2	20.9			
4		«±НП»	U <sub>нп.</sub> , В	23.0 ± 0.2	23.1			
5			U <sub>нп.</sub> , В	23.0 ± 0.2	23.1			
6	1.2.3	«±НП»	t <sub>гот.</sub> , с	1.0, не более	0.5			
7	1.2.5		I <sub>нп.</sub> , А	0.30, не более	0.18			
8	1.2.5		I <sub>вкл.</sub> , А	3.5, не более	3.0			
9	1.2.3	«±ПИТАНИЕ»	t <sub>гот.</sub> , с	1.0, не более	0.5			
10	1.2.5		I <sub>пит.</sub> , А	0.30, не более	0.15			
11	1.2.5		I <sub>ут.</sub> , мкА	50.0 не более	34.3			

Рис. 5. Внешний вид программы после завершения проверки

## Модуль «Методика»

С каждым годом количество разработанных и внедрённых программ автоматизированного контроля растёт, на первый план выходят задачи сопровождения и метрологической аттестации. С целью систематизации накопленного опыта, упрощения процесса разработки и сопровождения, обеспечения надлежащего уровня документации разработана единая методика создания программ автоматизированного контроля [5].

Модуль «Методика» решает множество задач, непосредственно связанных с автоматизированной проверкой ОК (настройка измерительной аппаратуры, проведение экспериментов и тестов, обработка данных) и таким образом является метрологически значимой частью «ПАКТ 2.0», подлежащей обяза-

тельной метрологической аттестации согласно СТО А 4523-2014 [6].

Модуль «Методика» имеет унифицированную структуру программного каталога, что обеспечивает быструю навигацию внутри модуля, ее определенность позволяет нескольким разработчикам поддерживать код.

## Модуль «Защищенный интерфейс»

Для реализации требований ГОСТ Р 8.654-2015 в части организации взаимодействия между метрологически значимыми и незначимыми частями ПО разработан модуль «Защищенный интерфейс».

Защищенный интерфейс – это интерфейс, через который может быть передан или изменен только определенный набор данных и параметров. Через

защищенный интерфейс невозможно ввести в ПО данные, которые могут быть ошибочно приняты за результат измерения, а также команды, которые могут быть использованы для искажения отображаемых, обработанных и сохраненных результатов измерения или других данных либо для несанкционированного изменения настроек ПО.

Программный модуль состоит из трех частей:

- Объект «Защищенный интерфейс. Клиент»;
- Объект «Защищенный интерфейс. Сервер»;
- Библиотека SocketIO.

Библиотека SocketIO – отвечает за передачу данных в реальном времени между модулями «Пользовательский интерфейс» и «Управление». В качестве транспорта используется технология WebSocket, позволяющая передавать данные с минимальной задержкой.

Объекты «Защищенный интерфейс. Клиент» и «Защищенный интерфейс. Сервер» реализуют основную логику протокола обмена и отвечают за выполнение требований, предъявляемых к защищенным интерфейсам.

Со стороны клиента с помощью объекта «Защищенный интерфейс. Клиент» серверу могут быть переданы только две команды: «Старт», инициирующий процесс проверки, и «Стоп», для принудительной остановки в случае необходимости. Объект «Защищенный интерфейс. Сервер» принимает команды от клиента и проверяет являются ли они разрешенными. Не допустимая команда игнорируется сервером.

В ходе выполнения проверки объект «Защищенный интерфейс. Сервер» может передавать информационные сообщения, формат которых регламентирован. Аналогично, не допустимым командам, информационные данные в неправильном формате игнорируются.

Для подтверждения достоверности передаваемых данных в модуле «Защищенный интерфейс» реализован механизм подписи данных с использованием секретного ключа, не передаваемого между клиентом и сервером. Уникальная алфавитно-цифровая последовательность генерируется модулем «Окно» в момент запуска модуля «Управление» и передается в модуль как аргумент строки запуска. Во время загрузки модуль «Пользовательский интерфейс» запрашивает у модуля «Окно» значение секретного ключа. Таким образом, два модуля могут осуществлять подпись передаваемых данных и проверять правильность получаемых.

### **Модуль «Управление»**

Программный модуль «Управление» отвечает за общее управление программным комплексом, передачу данных между модулями «Методика» и «Защищенный интерфейс». Модуль «Управление» реализует функции веб-сервера и контроллера методики измерений.

В момент запуска модуль «Управление» осуществляет контроль целостности программных файлов, и определение версии метрологически значимой части программного обеспечения. Для этого модуль обращается к функциям модуля «Идентификатор». Получив информацию о версии программного обеспечения, модуль загружает программный код модуля «Методика», тем самым получая функции для проведения всех запрограммированных видов проверки. После этого запускается веб-сервер предоставляющий объект «Защищенный интерфейс. Сервер».

После загрузки пользовательского интерфейса, модуль управление ждет команды к началу проверки.

Получив команду «Начало проверки» и информацию об операторе, заводском номере проверяемого устройства и требуемом виде проверки модуль «Управление» создает в отдельном потоке исполнения программный объект реализующий методику проверки. Объект создается на основе программного кода модуля «Методика».

В ходе проверки модуль «Управление» получает информацию о ходе проверки и перенаправляет её через «Защищенный интерфейс» в пользовательский интерфейс.

### **Модуль «Идентификатор»**

Во время копирования информации или передачи ее по сети не гарантируется ее целостность, что особенно актуально для больших объемов информации. Для проверки целостности информации были разработаны специальные алгоритмы, которые вычисляют некое значение, называемое контрольной суммой или хешем. Оно всегда одинаковое для одних и тех же данных. Таким образом, зная контрольную сумму оригинального файла, можно проверить идентичность его копии, рассчитав для нее соответствующий хеш и сравнив с оригинальным, если они не совпадут, значит в данных есть разница. Это можно использовать не только для проверки данных, загруженных из интернета и для поиска одинаковых файлов на компьютере, но и для идентификации ПО.

Хотя самих алгоритмов хеширования существует множество, наиболее распространенными являются CRC32, MD5 и SHA-1. CRC32 – циклический избыточный код, используется в работе программ-архиваторов. MD5 – 128-битный достаточно надежный алгоритм хеширования, используется не только для проверки целостности данных, но и позволяет получить довольно надёжный идентификатор файла. Последний часто используется при поиске одинаковых файлов на компьютере, чтобы не сравнивать всё содержимое, а сравнить только хеш. SHA-1 – используется для проверки целостности загружаемых данных программой Bit Torrent.

Согласно ГОСТ Р 8.654-2015 «ПАКТ 2.0» включает в себя метрологически значимую часть ПО. Для реализации требований ГОСТ Р 8.654-2015 о подтверждении подлинности и целостности ПО, а также для защиты от случайных или преднамеренных изменений по-

лучаемых значений и программного кода, в состав «ПАКТ 2.0» был введен модуль «Идентификатор».

Модуль «Идентификатор» состоит из dll-библиотеки, содержащей функции для проверки достоверности «ПАКТ 2.0» и запускающего скрипта, написанного на языке программирования Python 3.6.

Целостность ПО определяется с помощью проверки контрольных сумм всех файлов, входящих в состав метрологически значимой части «ПАКТ 2.0» согласно ГОСТ Р 8.654-2015, по алгоритму MD5 и сравнения полученных значений с эталонными. Алгоритм устроен таким образом, что даже незначительные изменения данных приводят к значительным изменениям в получаемой контрольной характеристике.

Эталонные значения контрольных характеристик всех файлов из состава метрологически значимой части «ПАКТ 2.0» хранятся внутри dll-библиотеки, пользователь не имеет к ним доступа. Поэтому любые сбои или изменения, внесенные в программу без согласования с разработчиком, будут выявлены при запуске модуля.

### **Заключение**

Модификация программного комплекса «ПАКТ» позволила упростить структуру программного обеспечения, повысить надежность его работы и сократить перечень программных зависимостей. В состав ПО введены модули для подтверждения целостности ПО и защиты от случайных или преднамеренных изменений метрологически значимой части ПО, что позволяет разрабатываемым на основе комплекса программ автоматизированного контроля соответствовать требованиям ГОСТ Р 8.654-2015.

Обновленный состав используемых программных средств делает возможным функционирование в современных ОС Microsoft 7/8/10 и GNU/Linux.

Применение комплекса совместно с маршрутом разработки программ автоматизированного контроля позволяет сократить сроки разработки ПО и документации.

### **Литература**

1. ГОСТ Р 8.654-2015: Государственная система обеспечения единства измерений. Требования к программному обеспечению средств измерений. Основные положения;
2. Цепцова Н. В., Кузякин А. Г., Осипова Е. А., Серова А. О., Чеснов А. А. Модернизация комплекса программ автоматизированного контроля и тестирования для работы в современных операционных системах // Тезисы докладов XVI научно-технической конференции «Молодежь в науке» (25-27 октября 2017г.), Саров 2017г., с. 166.
3. <https://electronjs.org> [Электронный ресурс];
4. [www.flask.pascoo.org](http://www.flask.pascoo.org) [Электронный ресурс];
5. Серова А. О., Кузякин А. Г., Осипова Е. А., Цепцова Н. В., Чеснов А. А. Маршрут разработки программы автоматизированного контроля для проверки пультовой аппаратуры // Тезисы докладов XVI научно-технической конференции «Молодежь в науке» (25-27 октября 2017г.), Саров 2017г., с. 158.
6. СТО А 4523-2014: Аттестация программного обеспечения, применяемого при проведении измерений, и порядок ее проведения.