NIDays

# Сборник трудов XV международной конференции NIDays 2016

Москва, 25 Ноября 2016




©2016 National Instruments. Todos los derechos reservados. CompactRIO, LabVIEW, National Instruments, NI, ni.com, NI CompactDAQ, NI-DAQ, NI FlexRIO, NI TestStand, and VirtualBench son marcas registradas de National Instruments. LEGO y el logotipo de LEGO son marcas registradas del Grupo LEGO. Los nombres de los otros productos y las razones sociales mencionados son marcas registradas o nombres comerciales de sus respectivas compañías. National Instruments Alliance Partner es una entidad independiente a National Instruments no tiene agencia, parentezco o vínculo con National Instruments. 27461

# СБОРНИК ТРУДОВ

# XV МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ NIDays 2016

Москва
2016

**УДК 004(08)**

**И62**
**ББК 32.81**

**Программный комитет**

**Бурматов А.В.**, менеджер по маркетингу образовательной программы
**Захарченко А.В.**, специалист отдела маркетинга
**Кривозубов П.А.**, менеджер по развитию LabVIEW и сегмента встраиваемых систем
**Ломака И.Н.,** специалист отдела маркетинга
**Подольский А.С.**, менеджер по маркетингу радиосистем
**Ряполова М.В.,** специалист отдела маркетинга

**СБОРНИК ТРУДОВ XV МЕЖДУНАРОДНОЙ КОНФЕРЕНЦИИ NIDays-2016**,
Москва 25 ноября 2016 г. – М.: ДМК-пресс, 2016.

Материалы публикуются в авторской редакции.

Содержание сборника составляют доклады с результатами оригинальных исследований и технических решений, ранее не публиковавшиеся. Мы надеемся, что предлагаемый сборник окажется полезным для специалистов, работающих в различных областях науки и техники, для широкого круга преподавателей, аспирантов и студентов ВУЗов, а также для преподавателей средних школ и технических колледжей.

**Цель конференции**

Целью конференции является обсуждение вопросов, связанных с внедрением инновационных технологий для решения инженерных задач, и их использования для автоматизации производства и экспериментальных установок, моделирования, обработки сигналов и результатов научного эксперимента, для проведения удаленного эксперимента и повышения эффективности обучения студентов техническим дисциплинам, а также общего уровня инженерного образования.

ISBN

©Коллектив авторов, 2016

© ДМК-пресс, Издательство, 2016

# ДОКЛАДЫ КОНФЕРЕНЦИИ

*Секция «Программные технологии»* *(стр. 4)*

*Секция «Электроника и радиотехника»* *(стр. 119)*

*Секция «Встраиваемые системы сбора данных и управления»* *(стр. 253)*

*Секция «Научные исследования и образование»* *(стр. 333)*

# СЕКЦИЯ «ПРОГРАММНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ МАСС-СПЕКТРОВ И КАРТ СКОРОСТЕЙ ФОТОФРАГМЕНТОВ

Н.В. Дозморов, А.С. Богомолов, А.В. Бакланов

*Новосибирский национальный исследовательский государственный университет*
*Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН*

*В статье рассматривается разработка автоматизированной системы измерения спектральных зависимостей масс-спектра и карт скоростей фотофрагментов на основе применения программной среды LabVIEW 2014. Описано решение данной задачи с помощью модели акторов (Actor Framework). Созданная программа автоматизации позволяет легко расширять возможности измерения спектральных зависимостей путем написания дополнительных модулей без изменения существующего программного кода.*

*Ключевые слова: velocity map imaging, масс-спектр, LabVIEW, Actor Framework, Modbus, взаимодействие LabVIEW и программ на Java, WebSocket, IVI.*

### 1. Постановка задачи

Изображение карт скоростей (velocity map imaging) – мощный инструмент, предложенный Эппинком (Eppink) и Паркером (Parker) [1], для получения информации о механизме элементарных фотохимических реакций. Данный метод позволяет измерять не только кинетическую энергию фотофрагментов, но также угловое распределение, что позволяет установить природу возбужденного состояния молекулы, ответственного за процесс диссоциации, приводящий к образованию данного фрагмента. Экспериментальная установка для получения карт скоростей также может быть использована как времяпролетный масс-спектрометр.

Схема спектрометра для данной методики представлена на *рис. 1*. Спектрометр расположен внутри камеры, откачиваемой до глубокого вакуума. Импульсно открывающийся клапан внутри камеры формирует молекулярный пучок изучаемых частиц. Пучок проходит через скиммер, выделяющий частицы с низкой поперечной скоростью. После прохождения скиммера пучок попадает в область однородного электрического поля, в которой происходит облучение частиц лазерным импульсом. Под действием лазерного излучения частицы диссоциируют на фрагменты, которые затем ионизуются. Образовавшиеся ионы вытягиваются электрическим полем в сторону двухмерного детектора, который состоит из нескольких микроканальных пластин и люминесцентного экрана. Изображение данного экрана снимается с помощью CCD-камеры, а затем сохраняется на компьютере для дальнейшей обработки (см. пример изображения на *рис. 2*). При измерении масс-спектра CCD-камера не используется, а регистрируется ток, проходящий через детектор.

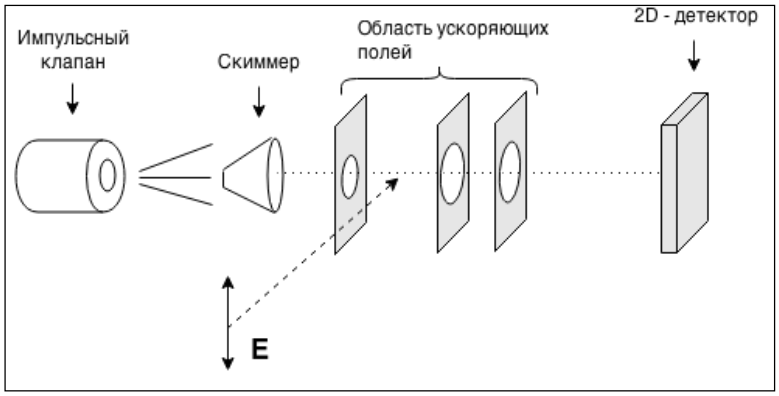



**Рис. 1.** Схема спектрометра для методики изображения карт скоростей.

Для получения распределения фотофрагментов по квантовым состояниям необходимо измерять спектральные зависимости масс-спектра и карт скоростей. Для того чтобы получать эти данные, в ИХКГ СО РАН была создана установка с возможностью перестройки длины волны лазерного излучения. Данное оборудование состоит из измерителя длины волны, кристалла BBO (бета-бората бария), используемого для удвоения длины волны возбуждающего излучения, и лазера на красителе, накачиваемого импульсным твердотельным лазером Nd:YAG, а также спектрометра для измерения карт скоростей фотофрагментов.

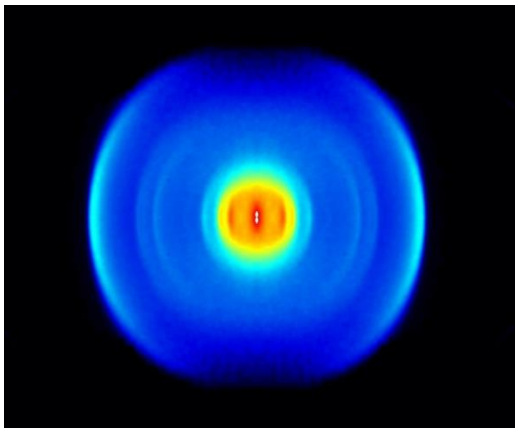


**Рис. 2.** Пример получаемых карт скоростей (различные цвета соответствуют различным значениям интенсивности, что пропорционально количеству ионов, прилетевших в данную точку экрана).

Данная работа посвящена автоматизации использования данной экспериментальной установки на основе платформы LabVIEW 2014. Система автоматизации обеспечивает установку длины волны лазерного излучения, настройку положения нелинейного кристалла для удвоения частоты лазерного излучения, а также измерение и предварительную обработку спектральных зависимостей масс-спектров и карт скоростей фотофрагментов.

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2014.

Для считывания длины волны использовался измеритель длины волны лазерного излучения Angstrom WS-6, для установки длины волны в лазере на красителе использовалось устройство на базе Arduino Uno, управляющее движением трех шаговых двигателей. Взаимодействие с данным устройством происходило с помощью протокола Modbus. Считывание ионного сигнала с детектора происходило с помощью осциллографа Agilent DSO-X 3034A. Для регистрации карт скоростей использовалась CCD-камера Видеоскан-2-285.

**3. Описание решения**

При изучении поставленных задач было отмечено, что большая часть функционала, требуемая для измерения спектральных зависимостей масс-спектров и карт скоростей, имеет общие черты. В обоих случаях необходимо установить требуемую длину волны, затем считать данные с устройства и обеспечить различную предобработку этих данных. После этого нужно объединить некоторое количество данных (усреднить) и провести измерение спектральных зависимостей. Схематически данный процесс представлен на *рис.3.*




**Рис. 3.** Процесс измерения спектральных зависимостей.

Чтобы облегчить процесс разработки и дальнейшей поддержки программы автоматизации, было предложено решение, позволяющее измерять спектральные зависимости для измеряемых данных любого типа. Для этого программа была разделена на отдельные модули, каждый из которых является частью процесса измерения, описанного выше. Некоторые модули являются общими для всех измерений (установка длины волны, управление процессом измерения, предобработки и т.д.), а часть модулей являются специфичными для конкретного вида измеряемых данных. Таким образом, чтобы измерять спектральные зависимости каких-либо данных, необходимо будет только реализовать модули получения данных, их предобработки и выделения нужной информации.

В качестве основы для разработки данных модулей была выбрана концепция акторов и ее реализация в LabVIEW – Actor Framework [2]. В данной концепции каждая независимая подсистема является актором. Акторы могут взаимодействовать только посредством сообщений, получив которые,

они могут изменить свое внутреннее состояние, сделать какое-либо действие, создавать новые акторы или отправить сообщения. Использование данного подхода позволяет облегчить создание сложной системы путем разработки и отладки каждого актора по отдельности.

Кроме того, для облегчения разработки использовался объектно-ориентированный подход, позволяющий представить систему в виде набора абстрактных взаимодействующих модулей. Были выделены основные абстрактные взаимодействующие акторы (такие как актор для установки параметра, предобработки данных), а затем было настроено взаимодействие между ними. Данный подход позволяет легко менять реализации того или иного актора в системе. Список созданных реализаций акторов представлен ниже:

1. Актор, взаимодействующий с осциллографом посредством драйверов IVI (Interchangeable Virtual Instruments) [3]. Данные драйверы определяют несколько типов стандартных устройств, таких как осциллограф, источники напряжения и т.д. Использование этих устройств позволяет создавать ПО для всех видов осциллографов, поддерживающих данный стандарт, а не для конкретной модели, что облегчает последующие изменения в ПО из-за изменений в экспериментальной установке.
2. Актор для взаимодействия с видеокамерой. Для работы с камерой используется протокол WebSocket, посредством которого происходит взаимодействие с программой на языке Java. На стороне LabVIEW используется реализация клиента для WebSocket от Sam Sharp [4].
3. Актор для взаимодействия с устройством на базе Arduino (управление шаговыми двигателями) посредством протокола Modbus. Для работы в LabVIEW с данным протоколом использовалась библиотека NI Modbus API [5].
4. Акторы, усредняющие осциллограммы и карты скоростей.
5. Акторы, выполняющие предварительную обработку полученных данных.
6. Акторы, выделяющие необходимые значения из усредненных данных.
7. Актор, управляющий сбором и сохранением различных данных и параметров.
8. Актор, управляющий экспериментом.
9. Актор, запускающий все вышеописанные акторы и настраивающий взаимосвязи между ними. Данный актор также отображает главную панель программы автоматизации.

**4. Внедрение и его перспективы**

Созданная автоматизированная система была успешно протестирована в ИХКГ СО РАН. Использование данной системы позволяет существенно ускорить процесс проведения экспериментов.

**5. Список литературы**


[1]. Eppink A. T. J. B., Parker D. H. // Review of Scientific Instruments. – 1997. – Т. 68, № 9.

[2]. Using the Actor Framework in LabVIEW, URL: https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-18309.

[3]. IVI-3.1: Driver Architecture Specification. 2015.

[4]. LabVIEW WebSockets Library, URL: https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-40572

[5]. LabVIEW Modbus API, URL: https://decibel.ni.com/content/docs/DOC-30140


**AUTOMATION OF MEASURING THE SPECTRAL DEPENDENCIES OF MASS-SPECTRUM AND VELOCITY MAP IMAGING OF PHOTOFRAGMENTS**


N.V. Dozmorov, A.S. Bogomolov, A.V. Baklanov

*Novosibirsk State University, Novosibirsk, Russia*
*Institute of Chemical Kinetics and Combustion SB RAS, Novosibirsk, Russia*



*The article discusses the creation of automated system for measuring the spectral dependencies of mass-spectrum and velocity map imaging of photofragments based on LabVIEW 2014. The solution is created by using actor model (Actor Framework). Functionality of created software can be changed by writing new modules without changing existed parts of this program.*



*Keywords: velocity map imaging, mass spectrum, LabVIEW, Actor Framework, Modbus, IVI, interaction between LabVIEW and Java programs, WebSocket.*

# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТОКА НА БАЗЕ ПРИБОРА USB-6002 ПОД УПРАВЛЕНИЕМ LABVIEW

А.Н. Цирков[2], Л.Н. Кессаринский[1,2]

*1. АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва*
*2.НИЯУ МИФИ, г. Москва,*

*В статье рассматривается процесс создания автоматизированной системы на основе применения оборудования на базе платформы USB фирмы National Instruments комплекса контроля тока интегральных схем, применяемого при проведении различных исследований. Приведено описание создания комплекса.*

*Ключевые слова: USB-6002, операционный усилитель, входной ток, исследования интегральных схем*

## 1. Постановка задачи

В современных физических исследованиях поведения изделий микроэлектроники необходимо контролировать расширенный набор параметров-критериев для получения информативных и достоверных результатов при оценки уровня стойкости к внешним воздействиям. Исследования стойкости микросхем можно условно по длительности разделить на оперативно выполняемые (в пределах рабочего дня) и долговременные (несколько месяцев) с контролем параметров раз в неделю. В случае проведения долгосрочного эксперимента необходимое измерительное оборудование большую часть времени используются лишь для задания необходимого режима по входным цепям и питанию микросхем и, фактически, выведено из исследовательского процесса.

Таким образом, актуальна задача создания упрощенного и бюджетного средства задания электрического режима с минимальным набором контролируемых параметров, который используется между основными промерами промеров микросхем. В результате анализа существующих бюджетных LabVIEW-совместимых решений в качестве основы для создания автоматизированного измерительного комплекса (АИК) был выбран прибор USB-6002.

Данная статья посвящена одному из аспектов создания АИК - решение задачи контроля токов в диапазоне 1мкА..1А.

## 2. Описание решения - аппаратная часть

Для контроля заданных токов был создан измерительный блок основанный на бюджетном образовательно-исследовательском приборе USB-6002 с доработкой внешними микросхемами.

Блок схема данного блока представлена на рисунке 1.

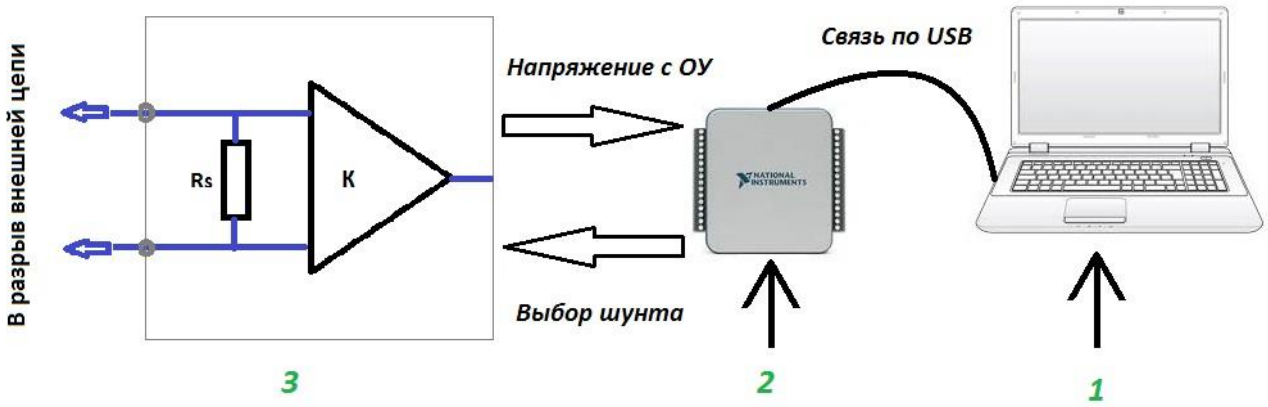



Рис. 1. Блок-схема измерительного блока
На рисунке 1 представлены: 1 – ЭВМ; 2 - USB-6002; 3 – плата расширения.

Измерительный блок управляется по USB с помощью ЭВМ (1) с запущенной программой на Labview.

NI USB-6002 (2)

— высокоскоростное USB устройство сбора данных, имеет восемь аналоговых входных каналов с 16 бит разрешения и 50 Кс / с частотой дискретизации, 13 цифровых линий ввода / вывод а, один основной счетчик и два аналоговых выходных канала. Имеет легкий механический кор пус и USB питание от шины для портативности. Поддерживает следующие языки программиро

вания — ANSI C; C # .NET; VisualBasic .NET; и NI LabVIEW, LabWindows / CVI и Measurement Studio [1].

Плата расширения (3) включает в себя инструментальный операционный усилитель в дифференциальном включении, который регистрирует разность потенциалов на шунте, выбираемый цифровыми сигналами из набора сопротивлений (0.1 Ом, 10 Ом, 1кОм, 10кОм). ОУ выдает напряжение на аналоговый вход USB-6002.

**3. Описание решения - программная часть**

Программа на ЭВМ представленная на рисунке 2 позволяет выбирать предел измерения (выбор шунта), считывает значение напряжение на ОУ и переводит в ток с учетом значения шунта, значение тока в реальном времени выводится виде графика, так же выводит среднее значение тока.

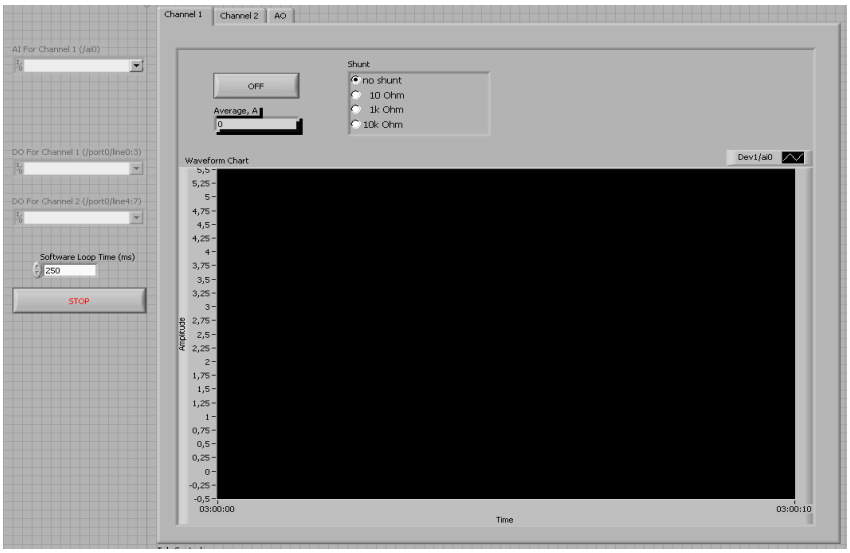



Рис. 2. Внешний вид приборной панели ПО в составе разработанной системы

**4. Результаты пробного тестирования**

При тестировании внедряемой системы был получен калибровочный график зависимости измеряемой силы тока от задаваемого внешними приборами значения (эталонного). График зависимости с перекрытием диапазонов по току (передаточная характеристика), показанная на рисунке 3.

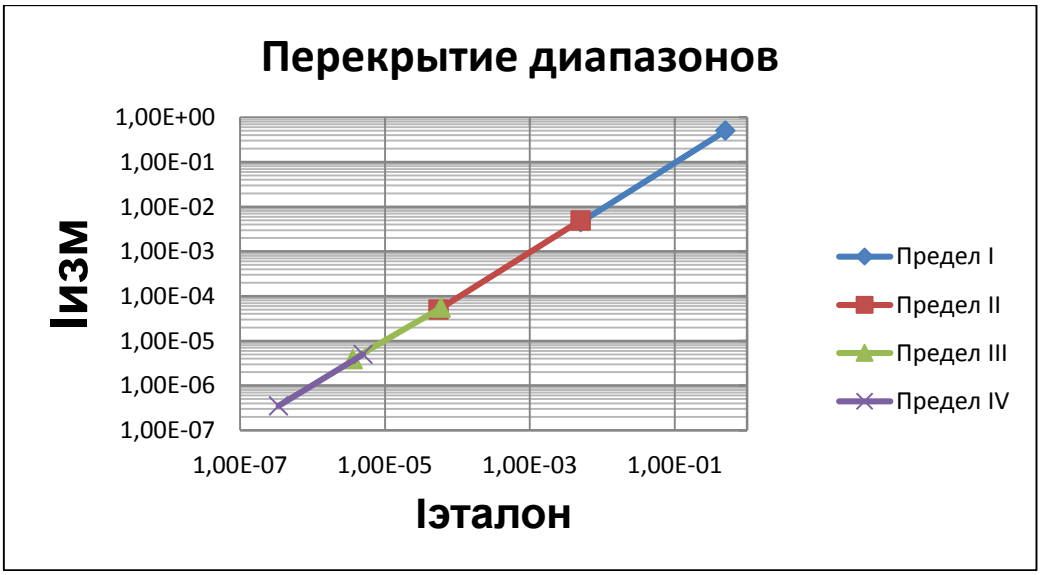



Рис. 3. Передаточная характеристика измерительного блока

Как видно из графика (рис. 3) передаточная характеристика имеет необходимый диапазон токов, а также имеет перекрытие, что позволяет измерять некоторые значения токов при различных пределах.

Созданная автоматизированная система успешно заменила существующую систему на базе настольных приборов. Это позволило существенно ускорить процесс проведения исследований и повысить качество результата.

**5. Внедрение и его перспективы**

Разработанная система мониторинга является частью исследовательского научно-учебного процесса студентов НИЯУ МИФИ и практикантов в АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва.

**6. Список литературы**


[1]. USB 6002 // Low-Cost Multifunction DAQ for Basic, Quality Measurements. — 2014. — [Электронный ресурс] — Режим доступа. — URL:

*[2].* http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/212384 (дата обращения: 9.11.2016).


**AUTOMATED CURRENT METER BASED ON USB-6002 DEVICE UNDER LABVIEW CONTROL**


A.N. Cirkov[2], L.N. Kessarinskiy[1,2]

*1. JSC “SPELS”, Moscow, Russia*
*2. NRNU MEPHI, Moscow, Russia*



*The article deals with automated currents measurement complex design process. The complex is builded based on USB-6002 device (National Instruments). The complex is used for microelectronics testing.*



*Keywords: USB-6002, operational amplifier, input currents, IC investigation, tests*

# АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА НЕЙРОСЕТЕВОЙ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ ПИ-РЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА

Ю.И. Еременко[1], А.И. Глущенко[1], В.А. Петров[1]

*1 СТИ НИТУ "МИСиС", Белгородская обл., г. Старый Оскол*

*В статье описывается адаптивная система управления на основе нейросетевого настройщика, используемая для подстройки параметров ПИ-регулятора скорости электропривода постоянного тока в режиме реального времени. Результаты испытаний доказывают целесообразность применения разработанного метода.*

*Ключевые слова: нейросетевой настройщик, электропривод, адаптация, ПИ-регулятор*

**Постановка задачи**

Наиболее распространенным подходом к построению системы управления электроприводом постоянного тока является применение подчиненного регулирования [1]. В этом случае строится два контура управления: контур регулирования тока якоря электродвигателя и контур регулирования скорости, причем контур скорости является внешним по отношению к контуру тока. Зачастую параметры электропривода, как объекта управления, изменяются в ходе работы [2]. В частности, может измениться момент инерции. Это приведет к тому, что набор коэффициентов ПИ-регулятора скорости, рассчитанный в ходе пуско-наладочных работ, перестанет удовлетворять требуемому качеству управления. В данной работе предлагается построение адаптивной системы, настраивающей коэффициенты регулятора скорости с использованием нейросетевого настройщика [3]. Он состоит из нейронной сети, на своих выходах вычисляющей коэффициенты ПИ-регулятора, а также базы правил, определяющей моменты и скорости обучения такой сети.

**Используемое оборудование и программное обеспечение**

Эксперименты по применению нейросетевого настройщика для системы подчиненного регулирования скорости электродвигателя постоянного тока производились на экспериментальном стенде (рис. 1), состоящем из персонального компьютера (ПК) – 1 и учебной лаборатории NI ELVIS II – 2 с установленной платой Quanser DCMCT – 3. NI ELVIS II подключается к ПК с помощью USB кабеля.




Рис. 1. Фотография экспериментального стенда

**Описание решения**

В программном пакете – среде разработки приложений LabVIEW 2013 была построена система управления. Она состоит из регулятора тока РС и регулятора тока РТ, а также блока компенсации ПротивоЭДС двигателя (рис.2-3).

Выходом системы управления является сигнал задания, подаваемый на преобразователь напряжения.

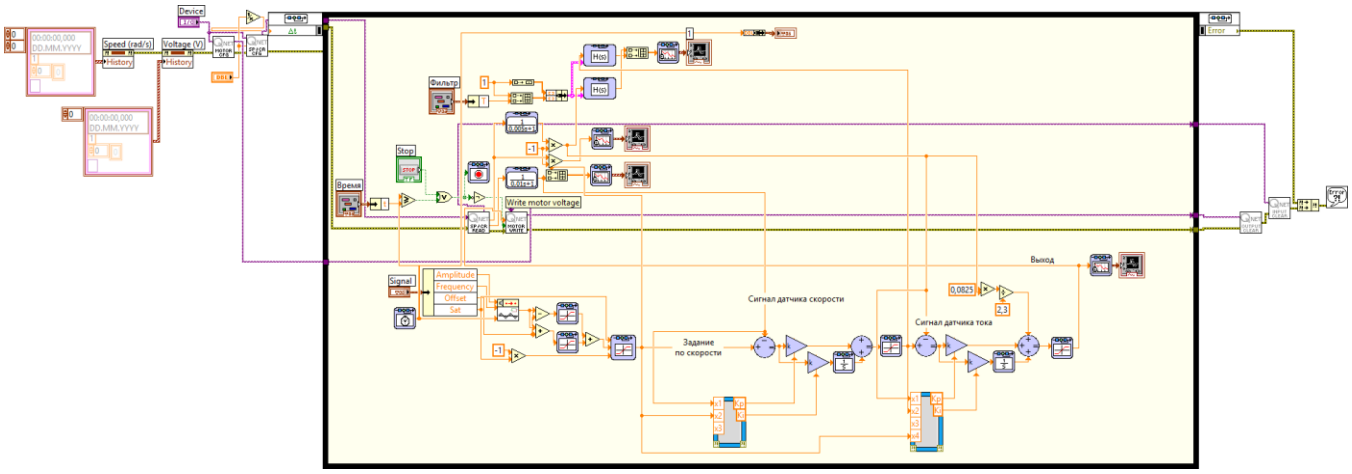



Рис. 2 Система управления электроприводом постоянного тока (вид в целом)

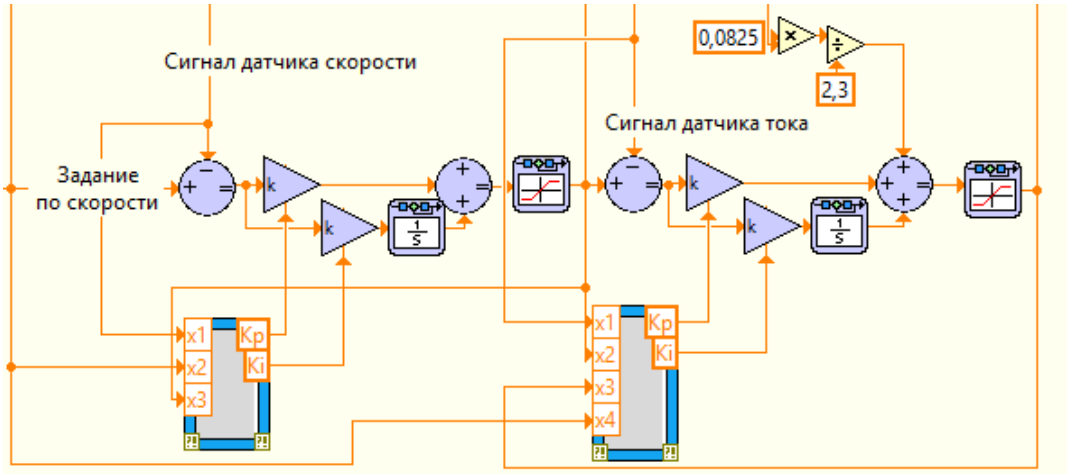



Рис. 3 Система управления электроприводом постоянного тока (регуляторы скорости и тока с нейросетевыми настройщиками)

Картина уставок представляет собой следующую последовательность смен заданий по скорости: 0 об/мин → 100 об/мин → 0 об/мин → -100 об/мин. Причем на скорости ±100 об/мин электропривод работает 1.25 секунды, а на скорости 0 об/мин – 1 секунду. Смена задания происходит в виде линейно-нарастающего сигнала, причем значение задания по скорости ±100 об/мин достигается за 1/8 секунды.

Нейросетевой настройщик реализован в виде программного кода MATLAB и импортирован в LabVIEW при помощи узла Математики (MathScript Node).

Параметры регулятора тока ($K_P$ = 8.33 $K_I$ = 1670) рассчитаны в соответствии с настройкой на модульный оптимум, параметры регулятора скорости ($K_{Psp}$ = 0.01 $K_{Isp}$ = 0.2) – на симметричный оптимум.

В ходе эксперимента для моделирования изменения параметров объекта управления вдвое изменялся момент инерции электропривода (это достигалось установкой маховика большей массы). Нейросетевой настройщик, в соответствии с базой правил, изменил настройку ПИ-регулятора скорости, что позволило снизить перерегулирование на 10% и повысить динамику контура скорости (рис.4). Поддержание требуемого качества регулирования в контуре скорости позволило добиться экономии электроэнергии 1% за время эксперимента по сравнению с системой управления без нейросетевой настройки.

**Внедрение и его перспективы**

Разработанная система адаптивного управления электроприводом постоянного тока будет апробирована в реальном масштабе времени на электроприводе прокатной клети и, в случае положительного результата, предложена к промышленным испытаниям на АО «ОЭМК».

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (грант 15-07- 06092а) и фонда Президента РФ (грант №14.Y30.15.4865-МК).

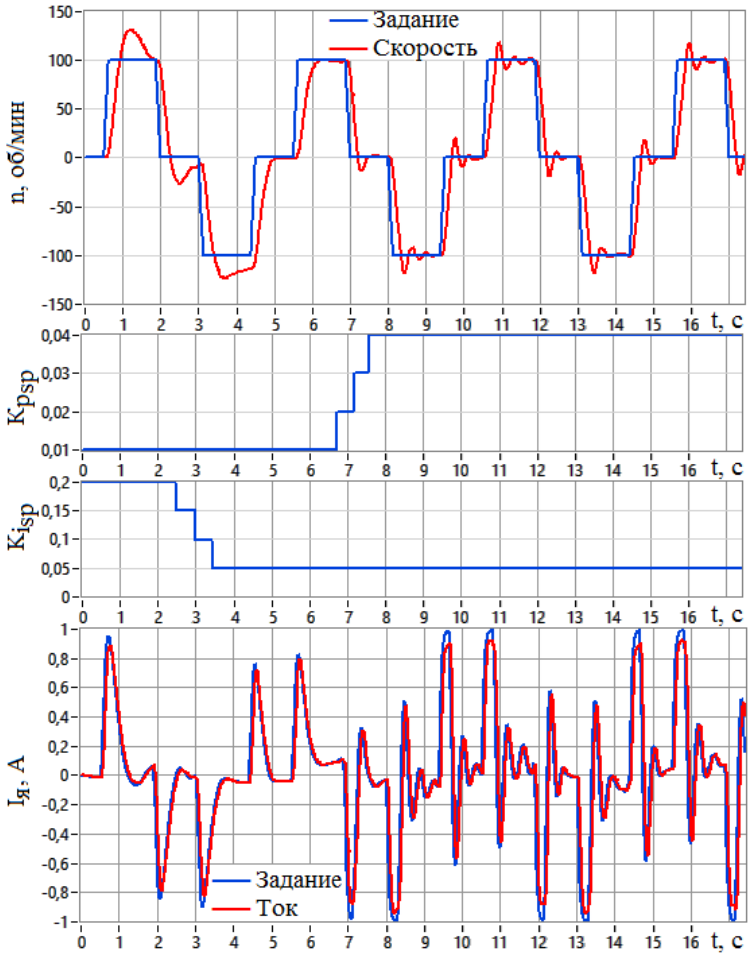


Рис. 4 Результаты эксперимента с увеличенным моментом инерции

**Список литературы**

[1]. Сташинов Ю.П. К вопросу о настройке системы управления электропривода постоянного тока на модульный оптимум. Часть 1 // Электротехника. – 2016. – №. 1. – С. 2-7.

[2]. Ang K.H., Chong G., Li Y. PID control system analysis, design and technology // IEEE transaction on Control System Technology. – 2005. – Vol.13. – №4. – pp. 559-576.

[3]. Еременко Ю.И., Глущенко А.И., Петров В.А. О нейросетевой адаптации параметров ПИ-регулятора контура тока системы управления прокатной клетью в реальном времени // Системы управления и информационные технологии. – 2016. – № 3 (65). – С.62-68.

## ON DEVELOPMENT OF NEURAL TUNER BASED ADAPTIVE CONTROL SYSTEM TO ADJUST SPEED PI-CONTROLLER PARAMETERS FOR DC MOTOR

Y.I. Eremenko[1], A.I. Glushchenko[1], V.A. Petrov[1]

*1 STI NUST "MIS&S" Stary Oskol,Belgorod Region, Stary Oskol,*

*Adaptive control system based on a neural tuner is considered. It is used to adjust parameters of a DC motor speed PI-controller online. Obtained experimental results show expediency of the proposed method usage.*

*Key words: neural tuner, drive, adaptation, PI-controller*

# ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОМПЛЕКСИРОВАННОЙ ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Е.Г. Борисов[1], К.Ю. Беглов[2], В.Е.Махов[3]

*1. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича, г. Санкт-Петербург*
*2. Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург*
*3. Санкт-Петербургский горный университет, г.Санкт-Петербург,*

*Проведены исследования системы измерения координат летательных аппаратов. Повышения точности координатного определения координатных данных идентифицируются со снимком с заложенной картой. Разработан комплексный ВП, позволяет реализовать вычислительные алгоритмы и визуализировать данные вычисления с данными картографии. Показано, что обработка избыточных измерений, полученных системами различной физической природы, позволяет повысить точность определения координат летательных аппаратов.*

*Ключевые слова:* летательный аппарат, многопозиционная радиотехническая система, лидар.

## 1. Постановка задачи

Повышение точности измерения координат летательных аппаратов (ЛА) является ключевой в ряде задач, решаемых радиотехническими системами. Точность определения местоположения объекта является важной характеристикой радиолокационных систем и непосредственно влияет на качество функционирования системы. Применение алгоритмов фильтрации параметров траектории позволяет добиться требуемой точности определения координат. Однако подавляющее большинство таких алгоритмов имеют ограничения на выбор гипотезы движения ЛА, требуют определенного времени для достижения точности, что в ряде случаев неприемлемо.

Цель данной работы является сравнительный анализ характеристик большебазовых и малобазовых дальномерных многопозиционных радиотехнических системах (МПРТС) различного типа и перспективной радиолокационной -лазерной системы, позволяющей за счет создания и обработки избыточных измерений, полученных системами различной физической природы повысить точность определения координат.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Исследования проводились с использованием среды программирования NI LabVIEW 2015 SP1, Vision Development Module 2015 SP1, драйвера NI IMAQ Vision.

## 3. Описание технического решения

На рис. 1 приведена геометрическая интерпретация определения координат в комплексированной локационной системе.

Основная позиция совмещенная первым ППМ, излучает сигнал на частоте $f_1$, при этом в сигнале содержится информация о ее прямоугольных координатах ($x_1$,$y_1$,$h_1$). После приема сигнала на частоте $f_1$ в бортовой аппаратуре летательного аппарата (ЛА) формируется сигнал запуска начала отсчета временных интервалов. Одновременно по достижении запросным сигналом второй, третьей и четвертой позиций они излучают сигналы на соответственно на частотах $f_2$, $f_3$, $f_4$, при этом в передаваемые сообщения добавляются координаты $x_2$,$y_2$,$h_2$, $x_3$,$y_3$,$h_3$, $x_4$,$y_4$,$h_4$.

Бортовая аппаратура ЛА оснащенная многоканальным приемо-передатчиком (МПП) по принятым сигналам вычисляет следующие разности расстояний:

$$\Delta R_{12} = c\left(t_1 - \left(t_{L12} + t_2\right)\right) = \sqrt{\left(x - x_1\right)^2 + \left(y - y_1\right)^2 + \left(h - h_1\right)^2} - \sqrt{\left(x_1 - x_2\right)^2 + \left(y_1 - y_2\right)^2 + \left(h_1 - h_2\right)^2} - \sqrt{\left(x - x_2\right)^2 + \left(y - y_2\right)^2 + \left(h - h_2\right)^2}, \quad (1)$$

$$\Delta R_{13} = c\left(t_1 - \left(t_{L13} + t_3\right)\right) = \sqrt{\left(x - x_1\right)^2 + \left(y - y_1\right)^2 + \left(h - h_1\right)^2} - \sqrt{\left(x_1 - x_3\right)^2 + \left(y_1 - y_3\right)^2 + \left(h_1 - h_3\right)^2} - \sqrt{\left(x - x_3\right)^2 + \left(y - y_3\right)^2 + \left(h - h_3\right)^2}, \quad (2)$$

$$\Delta R_{14} = c\left(t_1 - \left(t_{L14} + t_4\right)\right) = \sqrt{\left(x - x_1\right)^2 + \left(y - y_1\right)^2 + \left(h - h_1\right)^2} - \sqrt{\left(x_1 - x_3\right)^2 + \left(y_1 - y_3\right)^2 + \left(h_1 - h_3\right)^2} - \sqrt{\left(x - x_4\right)^2 + \left(y - y_4\right)^2 + \left(h - h_4\right)^2}, \quad (3)$$

где $t_{L12}$, $t_{L13}$, $t_{L14}$ - время распространения сигналов от запросчика до соответствующих ППМ; $t_1$, $t_2$, $t_3, t_4$ - время приема сигналов на борту ЛА.

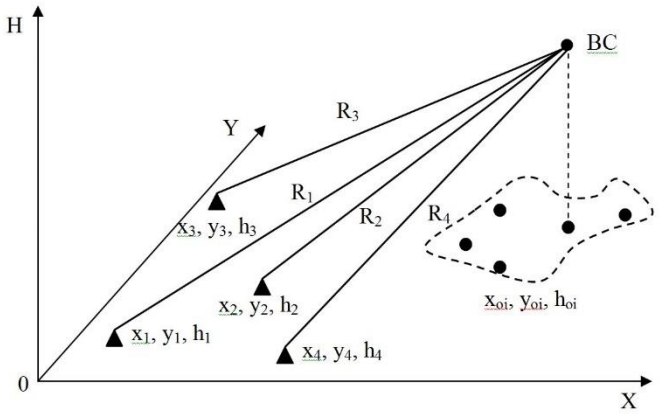



Рис. 1. Геометрическая интерпретация определения координат в комплексированной локационной системе

На основании уравнений (1) – (3) бортовая аппаратура ЛА определяет известными способами [1] свои прямоугольные координаты.

В [2] рассмотрено обеспечение возможности автономного полета беспилотного вертолета на малой высоте над пересеченной местностью и осуществление посадки по данным лидара. В ряде БПЛА используется телевизионные и тепловизионные оптико-электронные системы на гиростабилизированной платформе, автоматические цифровые фотокамеры высокого разрешения и систему трехмерного лазерного картографирования (LIDAR) [3]. В [4] рассмотрено применение лидаров для создания высокоточных карт местности. Лидары Velodyne HDL-32E весом 1 кг, позволяют получать до 700 000 точек данных в секунду с вертикальным углом обзора 40 градусов. Лидар VUX-1 [5] спроектирован специально в расчете на использование на борту беспилотных летательных аппаратов, автожиров и сверхлегких самолетов, как с точки зрения точности и скорости измерений, так и с точки зрения интеграции в бортовые системы. Масса VUX-1 — всего 4 кг, что позволяет устанавливать новинку на беспилотные и дистанционно управляемые аппараты. Угол поля зрения лидара равен 300°.

Анализ показывает, что для повышения точности координатного определения необходимо идентифицировать снимок с заложенной картой, выделить 1 – 2 точки с координатами xyh

Примем, что на борту ЛА расположен лидар сканирующий подстилающую поверхность и осуществляющий режим ее картографирования с последующей идентификацией с цифровой картой местности. Определяя координаты выделенных точек (координатных точек – КТ) и измеряя лидаром дальность до них доопределяя уравнения (13) получим существенное повышение определения координат ЛА. Особенно это характерно для малобазовой системы, что реализуется алгоритмом, представленном на рис. 2.

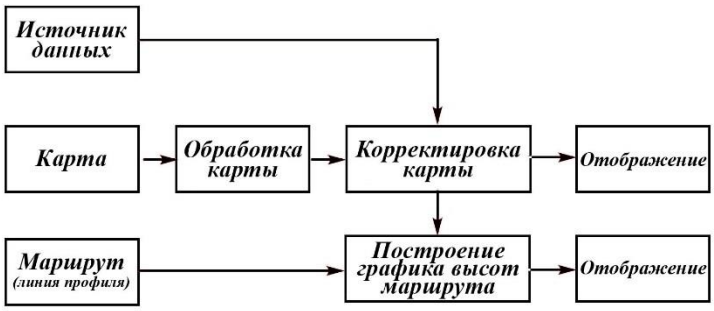



Рис. 2. Алгоритм обработки

Лицевая панель ВП, реализующего указанный алгоритм представлена на рис. 3.




Рис. 3. Лицевая панель ВП.

**4. Внедрение и его перспективы**

Появляется возможность проводить более высоко точный контроль позиционирования летальных аппаратов в условиях сложного рельефа местности (городской застройки).

**5. Список литературы**

[1]. Шебшаевич В.С., Дмитриев П.П., Иванцевич И.В. и др. Сетевые спутниковые радионавигационные системы - Под ред. Шебшаевича В. С. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Радио и связь, 1993. - 408 с.
[2]. Авиационные системы. Экспресс информация. № 49 2013 г.
[3]. Авиационная энциклопедия Уголок Неба. ИРКУТ-850. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.airwar.ru/enc/bpla/irkut850.html (доступ своодный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
[4]. Новый беспилотник создаёт 3D-рельеф местности без применения GPS. [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://gps-club.ru/gps-club-news/detail.php?BID=227&ID=108342 – Загл. с экрана. – Яз. рус.
[5]. Riegl называет VUX-1 первым в мире лидаром «геодезического класса» для беспилотных летательных аппаратов [Электронный ресурс] – Режим доступа: http://www.ixbt.com/news/hard/index.shtml?17/66/52 – Загл. с экрана. – Яз. рус.

## VISUALIZATION OF COMPLEXED LASER POSITIONING SYSTEM AIRCRAFT

E.G. Borisov[1], K.U. Beglov[2], V.E. Makhov[3]

*1. The Bonch-Bruevich Saint-Peterburg State University of Telecommunications, Russia*
*2. Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg, Russia*
*3. Saint-Petersburg mining University, St. Petersburg, Russia*

*The investigations of aircraft coordinate measurement system. Improve the accuracy of determining the coordinate of the coordinate data are identified with image with the pledged cards. A comprehensive virtual instrument allows for computational algorithms and visualize data computation with data mapping. It has been shown that the processing of redundant measurements obtained systems of different physical nature, can improve the accuracy of determining the coordinates of the aircraft.*

*Key words: aircraft, multi-radio system, lidar.*

# ГЕНЕРАТОР ЭКГ-СИГНАЛА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТОВЫХ ИСПЫТАНИЙ И КАЛИБРОВКИ ПРОЕКТИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА

М.В. Павлова

*НИУ ВШЭ, г. Москва*

*В статье описывается создание генератора для тестирования прибора, предназначенного для регистрации и обработки ЭКГ-сигнала с использованием оборудования NI ELVIS II+ компании National Instruments. Иллюстрируется проведение испытаний, приводится описание характерного вида сигнала, реакции устройства на поданный сигнал с генератора.*

*Ключевые слова: NI ELVIS II+, ЭКГ-сигнал, мониторинг сердечной деятельности, испытания аппаратуры, калибровка устройства*

## 1. Постановка задачи

При проектировании устройства регистрации и обработки ЭКГ возникает задача обеспечения корректной работы системы, а именно адекватной оцифровки получаемого аналогового сигнала разности потенциалов с поверхности тела человека. Одним из самых важных этапов разработки данного устройства является процесс калибровки. В данном проекте этот процесс позволяет не только подстроить выходные параметры измеряемых величин, но и оценить успешность выделения полезного сигнала на фоне помех, а, следовательно, выявить эффективность использования конкретных операционных усилителей, фильтров и соединительных проводов с электродами в составе проектируемого устройства [2]. Для достижения поставленной цели необходимо при помощи аппаратно-программного комплекса NI ELVIS II+, с использованием технологий NI DAQ и среды разработки LabVIEW, реализовать генератор ЭКГ-сигнала для проведения тестовых и поверочных испытаний аппаратуры для регистрации и обработки ЭКГ-сигналов.

## 2. Используемое оборудование и описание решения

Для построения генератора ЭКГ-сигнала, было принято решение взять за основу модуль ECG из библиотеки Biomedical. Этот модуль позволяет синтезировать сигналы ЭКГ для нормального случая, а также имеется возможность внедрения в сигнал различных патологий сердечнососудистой системы..

Поскольку для вывода сигнала используется аппаратно-программный комплекс NI ELVIS II+, при проектировании блок-схемы генератора была использована библиотека DAQmx и аппаратный генератор сигналов произвольной формы, имеющийся в составе платформы ELVIS [3]. На вход генератора поступает сигнал с выхода модуля-синтезатора ЭКГ-сигнала, далее осуществляется маршрутизация сигнала на аналоговый выход AO0. [1] В результате, синтезированный сигнал снимается с выхода AO0 макетной платы, имеющейся в составе платформы, и может быть подан на внешнее устройство регистрации или отображения ЭКГ.

## 3. Описание проведенных экспериментов

При проектировании лицевой панели устройства были использованы только органы управления, необходимые для поставленной задачи. Управляющие сигналы, связанные с выбором устройства вывода сигнала, канала вывода и т.п. в целях упрощения лицевой панели были заданы с помощью констант. Характерный вид генерируемого сигнала проиллюстрирован на рис. 1., блок-схема, реализующая генератор ЭКГ-сигнала представлена на рис. 2.




Рис. 1. Характерный вид генерируемого ЭКГ-сигнала

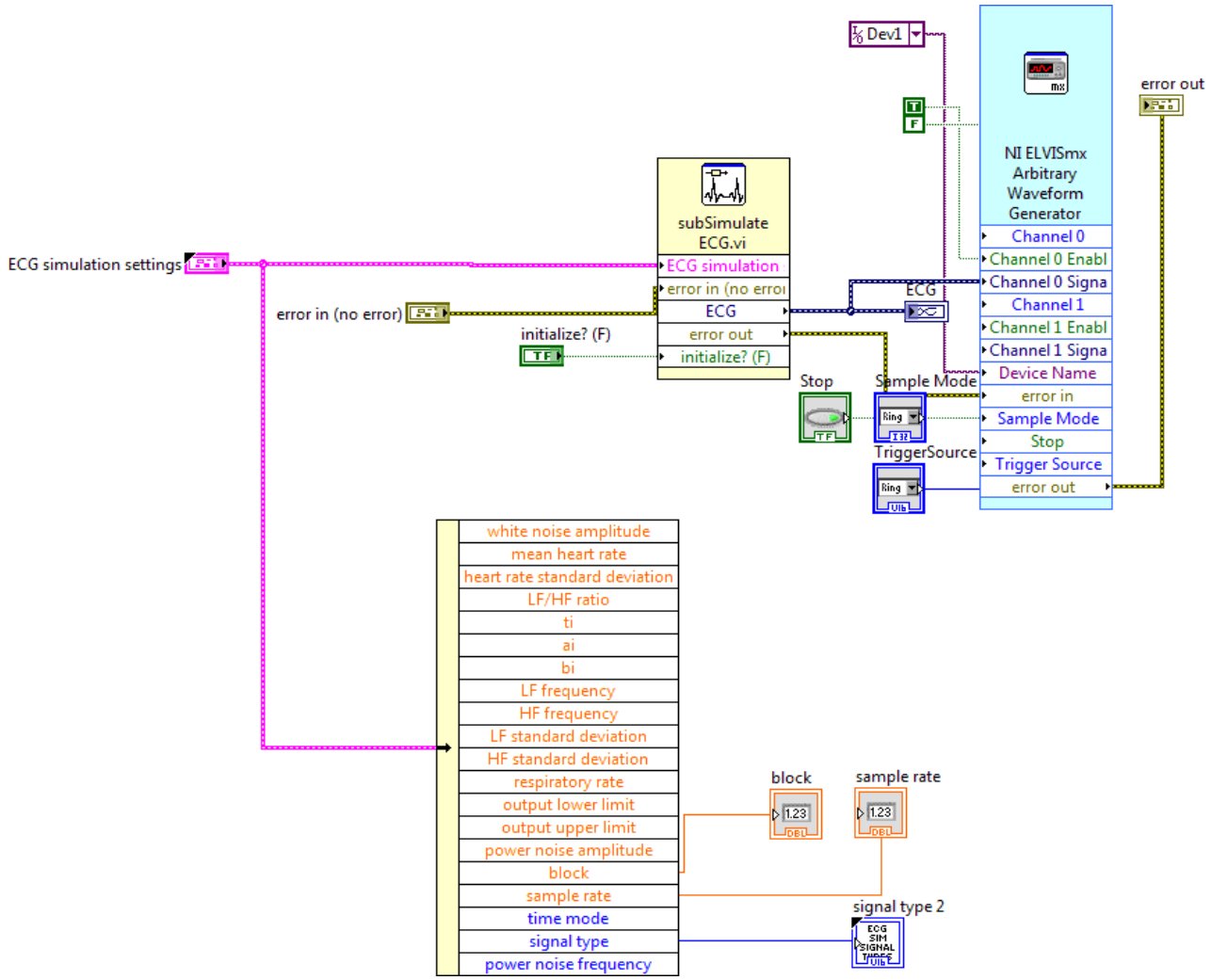



Рис. 2. Блок-схема генератора

Далее было проведено тестирование устройства при помощи подключения внешнего осциллографа к выходному разъему платформы NI ELVIS. На рисунке 3 представлена осциллограмма сигнала, синтезированного разработанным устройством.

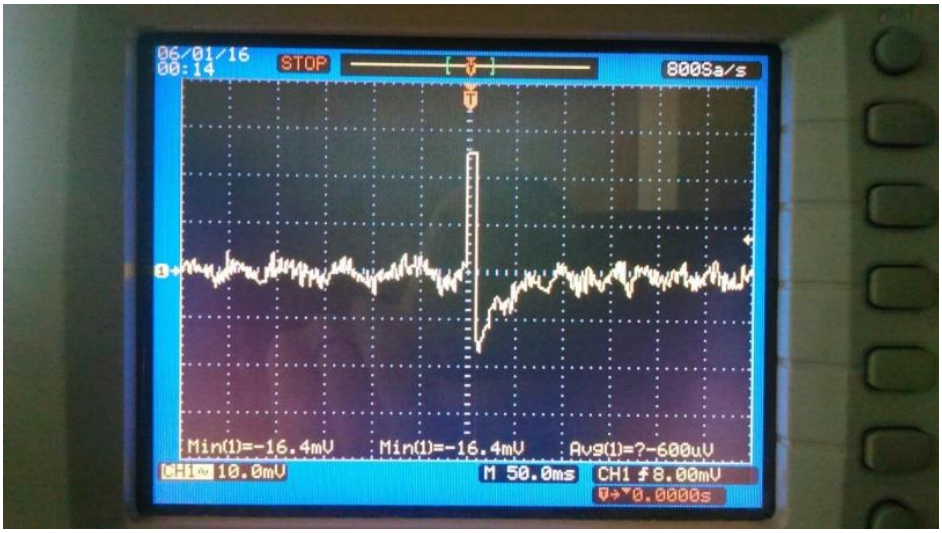



Рис. 3. Осциллограмма сигнала с платформы NI ELVIS.

После проведения проверки работоспособности аппаратно-программного генератора ЭКГ-сигнала, последний был подан на вход рабочей версии внешнего автономного регистратора ЭКГ с последующим отображением части сигнала на экране устройства. На рисунках 5 и 6 представлены отображения синтезированного ЭКГ-сигнала на экране внешнего осциллографа и автономного прибора.

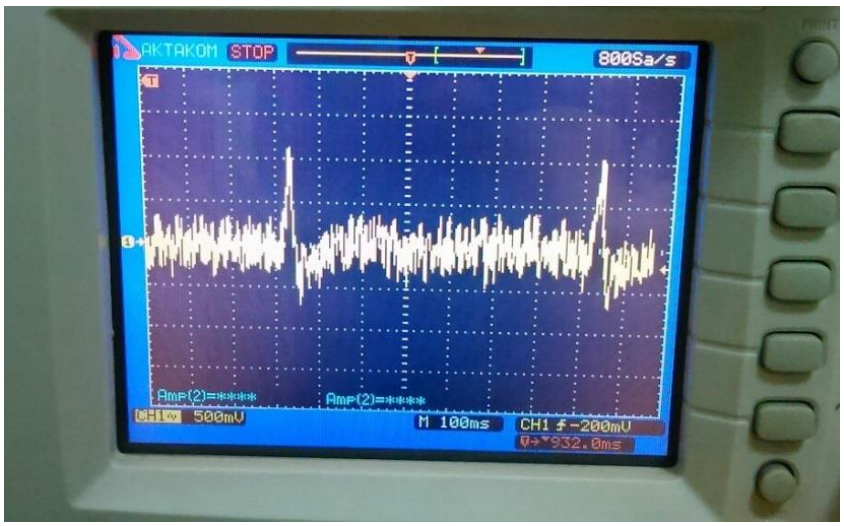



Рис. 3. Осциллограмма сигнала, полученная с выхода усилителя биопотенциалов разрабатываемого устройства.



Рис. 4. Осциллограмма сигнала, полученная после обработки сигнала разрабатываемым устройством.

**4. Выводы и оценка перспектив**

В результате проделанной работы, с использованием аппаратно-программного комплекса NI ELVIS II+ был получен генератор ЭКГ-сигнала, который может с успехом использоваться для проверки работоспособности, а также проведения тестовых и поверочных испытаний различных устройств регистрации, отображения и анализа ЭКГ-сигнала. Полученный с генератора сигнал был подан на вход проектируемого прибора, и далее с усилителя на вход внешнего осциллографа и систему отображения проектируемого прибора. Результаты показали необходимость использования более помехозащищенных проводов, а также необходимость улучшения и оптимизации алгоритмов отображения сигналов на дисплее проектируемого устройства. Исследования выявили, что используемые усилители биопотенциалов также нуждаются в дополнительной фильтрации от помех сети питания.

**5. Список литературы**

[1]. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. 4-е издание.: ДМК Пресс,. 2011

[2]. Агаджанян Н.А. Нормальная физиология. – М.: Издательский центр «Академия», 2007

[3]. http://www.ni.com/ni-elvis/ – раздел на сайте National Instruments

**ECG SIGNAL GENERATOR FOR TESTING AND CALIBRATION OF THE DEVELOPED DEVICE FOR HEART DISEASE DIAGNOSTIC**

M.V. Pavlova

*National Research University Higher School of Economics, Moscow, Russia*

*The article describes the creation of generator for testing a device designed for recording and processing the ECG signal using hardware NI ELVIS II+ of National Instruments corporation. The article illustrates the testing, describes the characteristic appearance of the signal and response of the device to the input signal from generator.*

*Keywords: NI ELVIS II+, ECG Signal, monitoring of heart activity, testing equipment, device calibration*

# ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ

Д.В. Жматов

*Московский институт энергобезопасности и энергосбережения, г. Москва*

*В статье рассматривается процесс создания автоматизированной системы мониторинга температуры лопаток турбины ГТД при проведении испытаний на основе применения оборудования «PXI» фирмы National Instruments. Приведена развернутая схема объекта исследований, указаны его основные блоки. Описан процесс испытаний, приведены описания характерного вида сигнала, программного обеспечения и пример отчёта.*

*Ключевые слова: мониторинг тепловая энергия, тепловычислитель, тепловая нагрузка, расход теплоносителя*

## 1. Постановка задачи

Разработка виртуального измерительного прибора для учета тепловой энергии зданий и сооружений, предназначенных для обеспечения теплового комфорта людей и возможности выполнения технологических норм. Теплосчетчик осуществляет измерение температуры теплоносителя по шести каналам. Диапазон измерения температуры теплоносителя в трубопроводах от 0 до 150 °С.

Для технологических нужд (проверка функционирования прибора, правильности счета и т.п.) имеется возможность установить программное значение для любого из каналов измерения расхода, температуры или давления.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Устройство сбора данных – NI USB 6009
Среда графического программирования – LabVIEW 2011
Тулкит для создания отчетов Report Generation Toolkit for Microsoft Office

## 3. Описание решения

Закрытая система теплоснабжения - система, в которой сетевая вода используется только в качестве теплоносителя, но из сети не отбирается. Преимущество закрытой системы - гидравлическая изолированность водопроводной воды, поступающей в установки горячего водоснабжения, от воды, циркулирующей в тепловой сети. Обеспечивается стабильное качество горячей воды, поступающей в установки горячего водоснабжения, такое же, как качество водопроводной воды.

Измерительный канал *Q* теплосчетчика представляет собой совокупность, состоящую из канала измерения расхода, двух каналов измерения температуры, двух каналов измерения сигналов от датчиков избыточного давления, обеспечивающую вычисление количества теплоты и других физических величин по данным об измеренных параметрах теплоносителя.

Вычисление количества теплоты Q для каждого измерительного канала осуществляется по формуле:

$$Q = G_i \times (h_{под} - h_{обр}) \quad (1)$$

где $G_i$ - объемный расход теплоносителя в трубопроводе, на котором установлен первичный преобразователь, м$^3$/ч;

$h_{под}$, $h_{обр}$- значения удельной энтальпии воды в подающем и обратном трубопроводах при текущих значениях давления и температуры в подающем и обратном трубопроводах соответственно, ккал/кг.

Для нахождения объемного расхода теплоносителя в трубопроводе используем формулу:

$$G_i = V_i \times p \times t \quad (2)$$

где $V_i$ - объем поступающей воды в трубопровод, м$^3$;

*p*- плотность воды, кг/м$^3$;

*t*- температура воды °С.

Все используемые формулы входят в разработку виртуальной информационной модели теплосчетчика (рис.1).

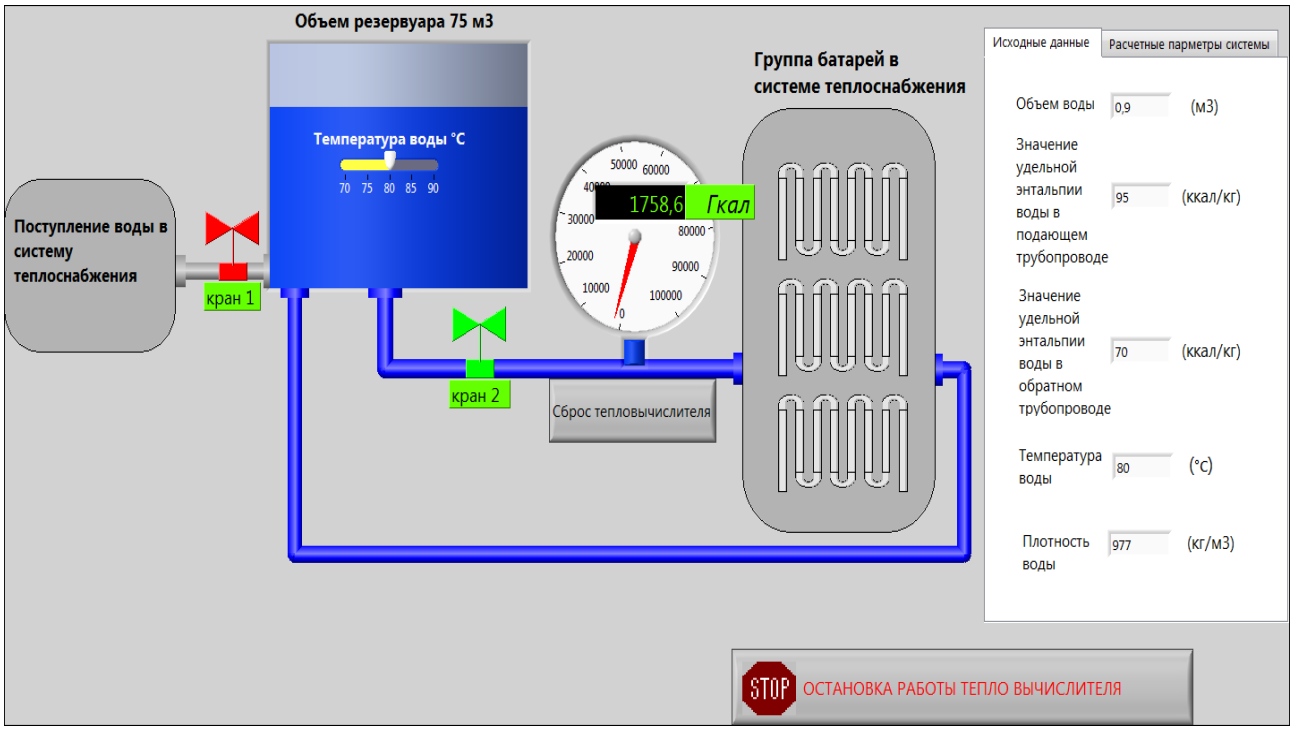



Рис. 1. Экранная форма имитационной модели тепловычислителя.

Модель сформирована в согласно требованиям правил общего положения РД 34.09.102 распространяются на энергоснабжающие организации и потребителей тепловой энергии при взаимных расчетах за поставку и потребление тепловой энергии независимо от установленной мощности источника теплоты и присоединенной тепловой нагрузки потребителя.

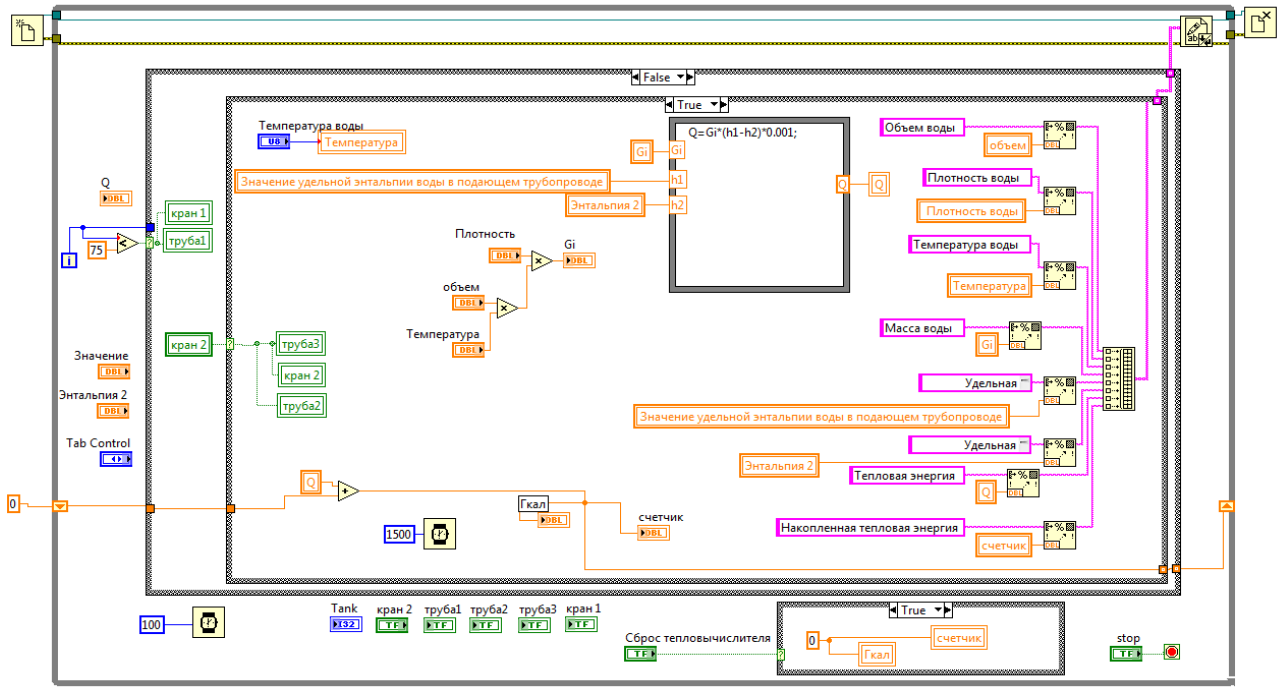



Рис.2. Блок-диаграмма виртуального прибора

Созданная имитационная модель учета тепловой энергии позволяет существенно ускорить процесс проведения испытаний и повысить срок службы теплосетей.

**4. Внедрение и его перспективы**

Имитационная модель счетчика тепловой энергии используется как часть аппаратно-программного комплекса при выполнении НИОКР в Московском институте энергобезопасности и энергосбережения, а также внедрена в образовательный процесс по направлению переподготовки «Эксплуатация теплоустановок».

**5. Список литературы**

[1]. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: Справочная серия: В 4 кн. / под общ. ред. чл.-корр. РАН А.В. Клименко и проф. В.М. Зорина. — 4-е изд., стереот. — М.: Издательский дом МЭИ, 2007.

[2]. РД 34.09.102. Правила учета тепловой энергии и теплоносителя. – М.: Из-во НЦ ЭНАС», 2003

**SIMULATION MODELS OF THERMAL ENERGY ACCOUNTING**

D.V. Zhmatov

Moscow Institute of Energy-safety and Energy-economy (MIEE), Moscow, Russia.

*The article presents a simulation model of calculator operation algorithm, designed to measure and record the amount of heat energy and heating water in open and closed water systems total heat. Shows the detailed scheme of the object of study, given its main functional blocks described testing process.*

*Keywords: monitoring thermal energy, heatcalculator, thermal loading, heat carrier expense*

# ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕНЕВОГО СПОСОБА РЕГИСТРАЦИИ СУБМИКРОННЫХ ТОЛЩИН

М.Г.Азарян[1], А.Э.Меликсетян[2]

*1.Радиофизический факультет, Кафедра физики полупроводников и микроэлектроники, ЕГУ, Армения, г. Ереван*
*2. НПУА Факультет Кибернетики, Кафедра Автоматизации и управления Армения, г. Ереван*

*В статье приведены результаты экспериментальных исследований теневого способа регистрации субмикронных толщин. Описаны сам способ и использованный в исследованиях специальный узел, реализующий идею способа. Отмечены некоторые приемы, примененные благодаря WEB-камерной регистрации информативного сигнала. Приведено обсуждение полученных результатов.*

*Ключевые слова: освещенная щель, подвижная шторка, устройство оптических вариаций, среда LabVIEW.*

## 1.Постановка задачи

Потребность в измерении субмикронных толщин стимулирует поиск непритязательных решений, способствующих этой задаче в условиях лаборатории. Выдвинутая идея такого решения (с использованием теневого метода) требовала экспериментальной проверки и выявления специфичных особенностей в ее практической реализации.

## 2 Описание идеи

Суть ее легче всего понять из рис.1. Здесь приведена схема, иллюстрирующая перекрытие тенью треугольной (подвижной в X-направлении) непрозрачной шторки с углом наклона α (гипотенузы) освещенной щели шириной d. Как подсказывает приведенная на рис.1(а) схема, зависимость изменения Y-координаты подвижной границы освещенного участка $\Delta H = H_2 - H_1$ от перемещения $\Delta h^{opt} = h_2 - h_1$ экрана можно описать просто

$$\Delta H = \Delta h^{opt} \cdot \tan(\alpha) \qquad (1)$$

Таким образом, в этом способе коэффициент преобразования $K_{tr}^{opt} = \mathrm{tg}(\alpha)$.

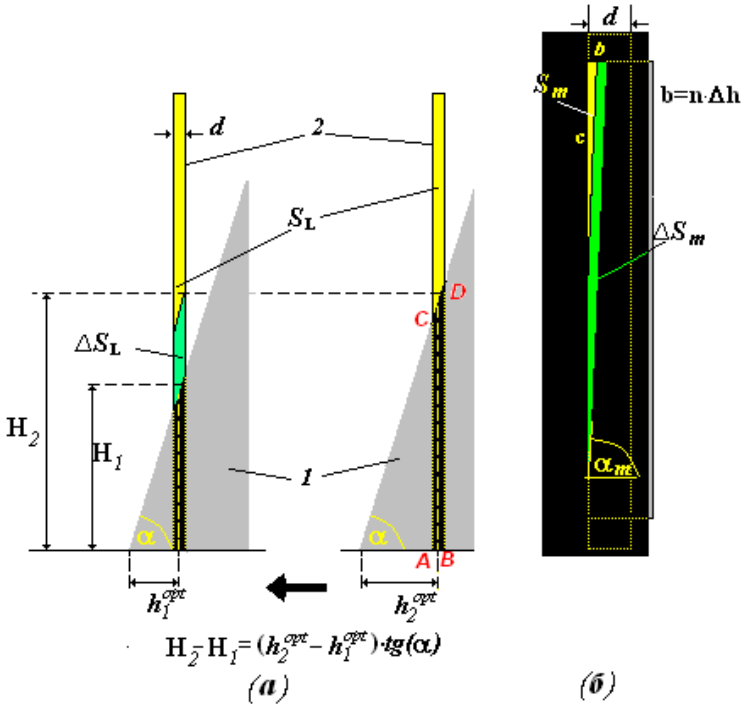



Рис.1а) 1 – подвижная треугольная шторка, 2 – фиксированная щель шириной d (вариант конфигурации освещенной области при малых значениях α,
б) вариант конфигурации освещенной области при $\alpha_m \geq 89.99^\circ$.

Как видим, фигура этой поверхности может трансформироваться из треугольной в трапецевидную. Если при малых значениях α ее площадь $S_L$ будет изменяться на $\Delta S_L$, (с $\Delta h^{opt}$ перемещением) за счет одинакового изменения (ΔH) длин параллельных оснований AC и BD трапеции, то при больших α (наиболее перспективный вариант) изменение $S_L$ вызванное $\Delta S_m$ несколько иное. Здесь изменяемой освещенной площадкой является треугольник с катетами b,c. Катет b можно выразить через $\Delta h^{opt}$ – $b=n\cdot\Delta h^{opt}$ (n=1,2.3…). Тогда

$$\Delta S_m = \frac{(n\Delta h^{opt})^2}{2} \cdot \mathrm{tg}(\alpha) \qquad (2)$$

Мы видим, что здесь нет принципиального ограничения на формирование очень высоких значений преобразования перемещения. Такая предсказываемая возможность достижения больших $K_{tr}^{opt}$ заданием нужных (для успешной регистрации информативного Δh) значений параметров преобразователя, послужила весомым аргументом для организации экспериментальных исследований по проверке работоспособности этого способа.

**3. Экспериментальная техника, используемые устройства и узлы**

Считаем необходимым подчеркнуть, что в принятии этого решения решающую роль сыграли удобство, относительная простота, оперативность в модификации схемы эксперимента (часто необходимой в исследовательской работе), предоставляемая средой LabVIEW, наличие компьютерной карты NI PCI-7830R и WEB-камеры.

Для исследований способа в имеющийся операционный стенд было адаптировано специально созданное устройство оптических вариаций (УОВ), которое позволяло проводить операции, необходимые для реализации этого способа (с наблюдением за результатами на “предкамерной сцене”). Схема (рис.2) разъясняет функционирование этого УОВ.

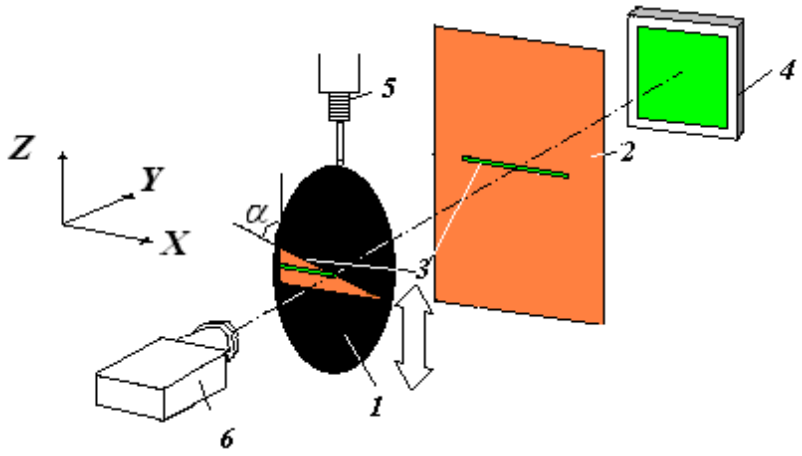



Рис.2. 1 – подвижная в Z-направлении шторка, 2 - неподвижная в Z - направлении шторка, 3 – перекрещивающиеся щели, 4 – излучающий светодиод,5 – пьезоинициатор, 6 – WEB-камера

Смещение в Z-направлении подвижной шторки 1 относительно неподвижной 2 приводит к перемещению позиции стороны CD (рис.1(а)) трапецевидного контура поверхности, сформированной прошедшим через обе щели 3 оптическим излучением, испускаемого светодиодом 4.Это перемещение описывается (2). Z-смещение ($\Delta h^{opt}$) в операционном стенде обеспечивает пьезоинициатор 5. Достижению высоких значений коэффициента трансформации $K_{tr}^{opt}$ должны способствовать большие значения α. Следовательно, необходимо учитывать (2).

**4. результаты исследований и обсуждение способа**

На рис.3 приведены результаты наиболее удачных экспериментальных измерений, формирование которых стимулировалось периодической инициализацией ΔL-пьезоиподвижкой ΔΘ перемещений шторки1.

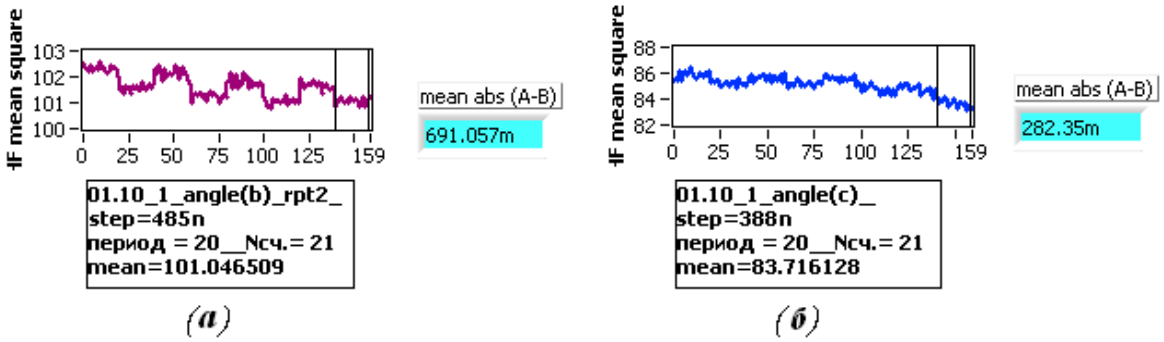



Рис.3. Курсорами выделяется набор данных, из абсолютных значений разности средних величин которых, формировались приведенные усредненные значения ΔΘ – результат пьезоинициализаций ΔL=485nm (а) и ΔL=388nm (б)

Приведенные значения “скачков” на кривых усредненные. Как видим, тут подача на (калиброванный) пьезоинициациатор напряжения, должного вызывать смещение в 388нм, демонстрирует слабовыраженный “скачек” на ходе кривой. По нашему мнению, на пути практического достижения высоких значений коэффициента преобразования $K_{tr}^{opt}$ стоит несовершенство созданного в лабораторных условиях операционного стенда, несущие узлы которого, ответственные за относительное позиционирование подвижной и неподвижной шторок, имеют субнаномасштабные люфты.

В реально наблюдаемом изображении было замечено, что ΔL вызывало не только перемещение границы CD, но и изменения яркости, площади, координаты центра фигуры изображения. Отмеченное подсказало возможность, воспользовавшись Vision and Motion, “усилить” регистрируемый численный отклик на ΔL за счет комбинирования количественных форматов отмеченных особенностей. Рис.4 иллюстрирует некоторые из таких операций ROI-выделения на наблюдаемом изображении [1].

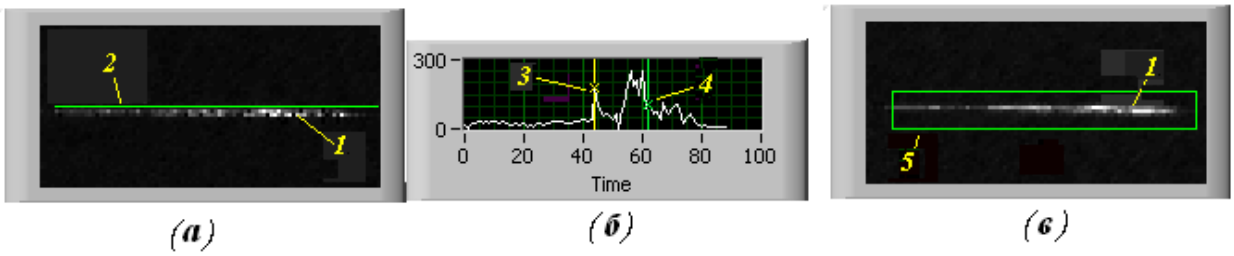



Рис.4. 1 – обработанное изображение освещенной поверхности, а)2 – способствующая формированию численного формата яркостного распределения вдоль линии ROI-вырезка, б) яркостная гистограмма вдоль ROI-вырезки 4,5 – курсоры выделения, в)3 - способствующий формированию численного формата координат центра изображения прямоугольник ROI-вырезания.

С использованием описанного “перемножения” были проведены измерения с микрометрическим инициированием подвижки. На рис.5 приведен результат таких измерений

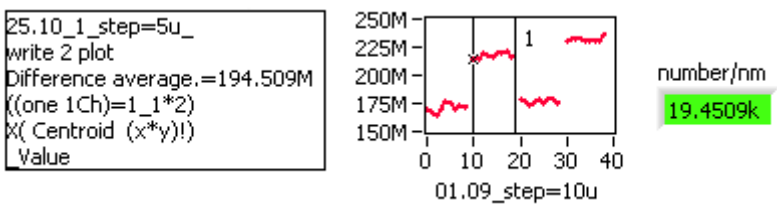



Рис.5. Микрометрическим винтом перемещения позиции в УОВ разнесены на 10мкм. Курсорами выделяется набор данных, из абсолютных значений разности средних величин которых формировалось усредненное значение ΔΘ.

Ход (в каждом наборе из 10-ти значений Θ) демонстрирует дрейф и некоторую нестабильность. Установлено, что имеется корреляция с температурой. В данном случае, исходя из конечного значения $\Delta\Theta = 194{,}509 \cdot 10^6$, формальная разность значений Θ, приходящаяся на 1нм, будет ΔΘ/нм =19450.9. Из рис.3(б) же следует, что полученная пьезоинициализцией ΔΘ/нм= 0,0007. Однако эта разница вполне объяснима с учетом примененного приема. Само сравнение, на наш взгляд, подтверждая выше

сделанное предположение о причине слабой регистрации при наномасштабных ΔL, демонстрирует и обоснованность самой идеи.

**5.Заключение**

Проведенные эксперименты, подтвердив ожидаемую функциональность испытуемой идей, выявили необходимость организации дополнительных исследований (для полноценного практического воплощения кажущейся очевидности и простоты идеологии), но уже с модифицированным испытательским стендом и с обязательным применением виброгасящей системы [2].

**6. Список литературы**


[1]. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В./ Обработка и анализ цифровых изображенийс примерами на LabVIEW IMAQ Vision. - М,2008.

[2]. Лич.Р.К. Инженерные основы измерений нанометровой точности. - «Интелект» г. Долгопрудный, 2012.


*INVESTIGATION OF SHADOW REGISTRATION METHOD OF SUBMICRON THICKNESS*


*M.G Azaryan[1], A.E Meliksetyan[2].*

*1.EGU, Radio physics Faculty, Department of Semiconductor Physics and Microelectronics of Armenia, Yerevan NPUA*
*Department of Cybernetics, Major of Automatic control systems*
*Armenia, Yerevan*



*The article contains results experimental studies of the shadow detection method submicron thicknesses. We describe the process itself and used in research the special assembly that implements the idea of the method. We noted some of the techniques applied through WEB-camera informative signal. Below is shown the result of the research work*


*Keywords: illuminated slit movable shutter, optical device variations, the LabVIEW.*

# ИНТЕГРАЦИЯ СОБЫТИЙНО-УПРАВЛЯЕМЫХ БЛОКОВ НА ЯЗЫКЕ РЕФЛЕКС В СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ НА NI LABVIEW

Т.В.Лях, В.Е.Зюбин

*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск,*

*В статье рассматривается методы интеграции событийно-управляемых алгоритмических блоков, специфицируемых на процесс-ориентированном языке Рефлекс, в системы автоматизированного управления сложными технологическими объектами, реализованных средствами среды LabVIEW.*

*Ключевые слова: автоматизированная система управления, алгоритмы управления, промышленная автоматизация, процесс-ориентированное программирование, событийно-управляемые алгоритмические блоки, язык Reflex.*

## 1. Постановка задачи

В силу специфики [1], задачи автоматизации крайне трудоемко решать с помощью понятийных и языковых средств объектно-ориентированного программирования (и особенно, когда дело касается сложных технических систем): управление ведется по событиям, происходящие события приводят к изменению поведения, в алгоритмах управления (АУ) повсеместно используются операции с временными интервалами и параллельная обработка сигналов от устройств (двигателей, насосов, клапанов, датчиков и т. д.), входящих в объект управления, что в случае выбора разработчиком объектно-ориентированного стиля приводит к низкоуровневому программированию и потере контроля над кодом.

Самый распространенный подход к созданию АУ техническими объектами – языки стандарта МЭК 61131-3. Однако в связи с низкой выразительностью языков и сложностью интеграции в сторонние системы, разработчики вынуждены искать альтернативные средства программирования, наиболее перспективный из которых – использование процесс-ориентированного языка Reflex [2]. Язык, известный также под именем "Си с процессами", предназначен для создания управляющих алгоритмов в области промышленной автоматизации и робототехнике: для систем, предполагающих активное взаимодействие с внешней средой, технологическим оборудованием, физическими процессами через датчики и органы управления.

Язык базируется на модели гипераавтомата. Базовое понятие языка Рефлекс – процесс. Программа на языке Рефлекс – это множество параллельно исполняемых процессов, которые могут запускать друг друга, останавливать и контролировать текущее состояние. В языке предусмотрены операции с временными интервалами и средства описания связей с датчиками и управляющими органами. Удобство использования языка Рефлекс, его адекватность специфике задач управления и простота сопровождения уже созданных программ были подтверждены в серии проектов по автоматизации сложных технических объектов.

Однако язык Рефлекс не имеет механизмов интеграции с системами автоматического управления, реализованных средствами среды LabVIEW. Работа посвящена методам разработки и интеграции алгоритмических блоков, специфицированных на языке Рефлекс, в системы управления, созданные в среде NI LabVIEW.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Разработка систем управления технологическими объектами ведется в среде NI LabVIEW 2010. Алгоритм управления специализируется на языке Reflex.

## 3. Описание решения

Алгоритмический блок, реализованный на языке Reflex, взаимодействует с окружающей средой через механизм входных и выходных портов. Присутствует возможность использования функций, реализованных на языке Си. Вместе с транслятором языка поставляется библиотека на языке Си, которая позволяет реализовать механизм для обмена сообщениями между алгоритмическим блоком и окружающей средой. Механизм обмена сообщениями используется для передачи в алгоритмический блок команд оператора и аналоговых значений.

Было реализовано несколько вариантов для интеграции событийно-управляемых блоков на языке Рефлекс в системы управления, созданные с помощью NI LabVIEW.

*Виртуальные лабораторные стенды (ВЛС)*

Набор ВЛС был реализован для задач обучения студентов инженерных специальностей созданию управляющих алгоритмов для задач промышленной автоматизации. Алгоритм управления создается

на языке Рефлекс и тестируется на имитаторе реального объекта управления, созданного в среде LabVIEW – виртуального объекта управления (ВОУ).

Механизм взаимодействия алгоритма управления, написанного студентом на языке Рефлекс, и самим лабораторным стендом осуществляется по схеме (рис. 1):

1. алгоритм, созданный студентом на языке Рефлекс, преобразуется в текст на языке Python;
2. текст на языке Python запускается на исполнение интерпретатором языка Python (интегрирование в среду LabVIEW происходит через механизм ActiveX);
3. обмен данными между имитатором объекта и текстом на языке Python происходит через интерпретатор




Рис. 1. Схема получения управляющего алгоритма для взаимодействия с имитатором объекта.

Такой подход имеет ряд недостатков: потеря производительности из-за использования интерпретатора языка Python, ослабление типизации данных при трансляции из языка Рефлекс в язык Python и отсутствие возможности обмена произвольной событийной информацией с алгоритмическим блоком.

Пример лабораторного стенда представлен на рис. 2.

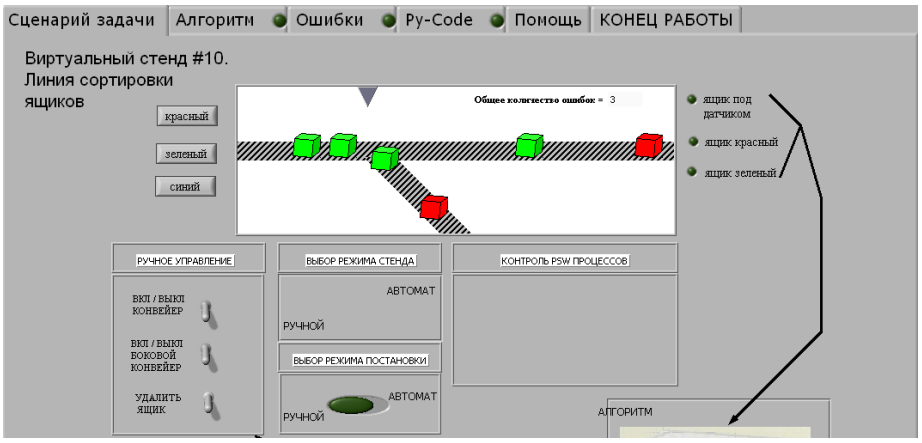



Рис. 2. Виртуальный лабораторный стенд «Автоматизированная сортировка ящиков».

*Интеграция алгоритмических блоков на основе механизма DLL.*

Согласно предложенной схеме, создается код на языке Reflex, а затем транслятором преобразуется в код на язык Си. Транслятор создает заголовочные файлы и код на языке Си, алгоритмически эквивалентный коду на языке Reflex. Из полученного кода на языке Си собирается DLL, которая в дальнейшем интегрируется в LabVIEW. Параллельно транслятор создает набор конфигурационных файлов, в которых хранится информация о сообщениях и портах, заданных в Рефлекс-коде.

Запись и считывание данных во входные и выходные порты алгоритмического блока реализованы со стороны LabVIEW через два целочисленных (16-ти разрядных) массива данных постоянного размера: один для входных портов и один – для выходных. Это соответствует представлению портов в языке Reflex, используемых для считывания состояния и управления внешними устройствами. Обмен сообщениями между алгоритмом и GUI оператора реализован через два кольцевых списка статического размера, для доступа к которым используются библиотечные функции.

Разработанный подход использовался при автоматизации углоизмерительной машины (УИМ) АЭ.1686. Также он был использован при разработке комплекса автоматической верификации промышленных алгоритмов управления, созданных на языке Рефлекс. Верификация происходит с помощью виртуального объекта управления, также описываемого на языке Рефлекс (рис. 3).

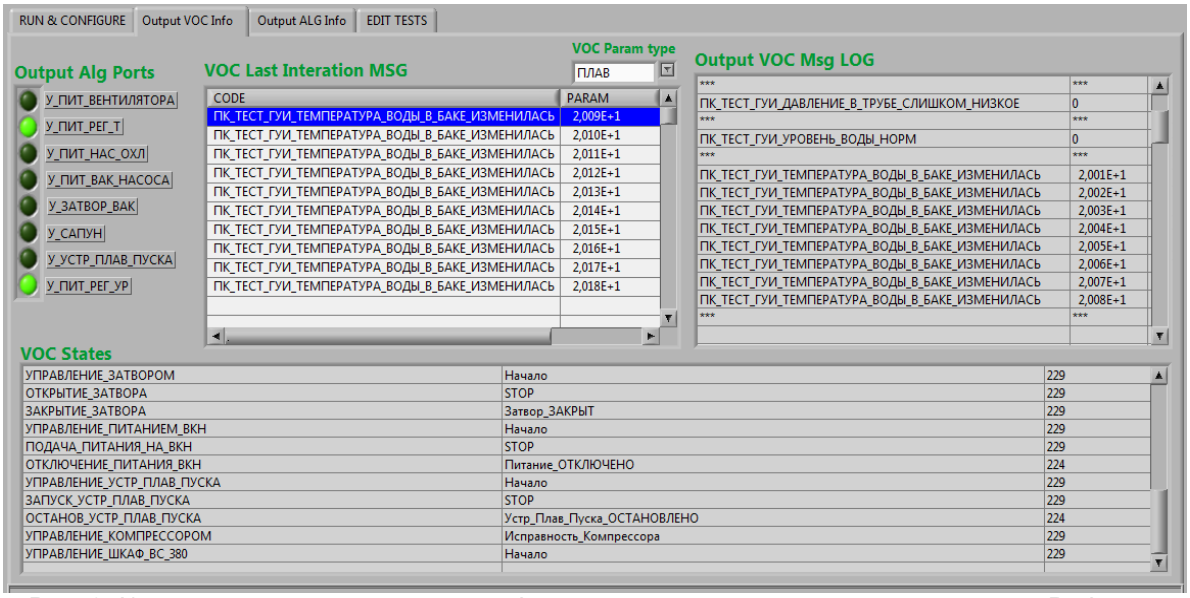



Рис. 3. Комплекс автоматической верификации алгоритмов управления на языке Рефлекс

## 4. Внедрение и его перспективы

Подход был апробирован при создании алгоритма управления углоизмерительной машиной УИМ АЭ.1686, а также при разработке алгоритма управления подсистемой вакуумирования Большого солнечного вакуумного телескопа (ИСЗФ СО РАН). Была показана его эффективность: подход позволяет использовать итерационный метод разработки и радикально снижает количество ошибок на этапе пуско-наладки.

## 5. Список литературы

[1]. Горячкин А. А., Зюбин В. Е., Лубков А. А. Разработка графического формализма для описания алгоритмов в процесс-ориентированном стиле // Вестн. Новосиб. гос. ун-та. Серия: Информационные технологии. 2013. Т. 11, вып. 2. С. 44–54.

[2]. Зюбин В. Е. Программирование ПЛК: языки МЭК 61131-3 и возможные альтернативы // Промышленные АСУ и контроллеры. 2005. №11. С.31-35.

## INTEGRATION OF EVENT-DRIVEN CONTROL BLOCKS CREATED WITH MEANS OF THE PROCESS-ORIENTED PROGRAMMING IN LABVIEW PROJECTS

T.V. Liakh, V.E. Zyubin

*Novosibirsk state university, Novosibirsk, Russia*
*Institute of Automation and Electrometry, Novosibirsk, Russia*

*This paper proposes method for integration of event-driven control blocks created with means of the process-oriented programming in LabVIEW-projects. The method includes the verification technique based on the virtual plant concept.*

*Keywords: Industrial control system, control algorithms, industrial automation, process-oriented programming, event-driven algorithmic modules, Qt, virtual plants, language Reflex.*

# ИССЛЕДОВАНИЕ И ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПЕРИФЕРИЙНОМУ УСТРОЙСТВУ С ПОМОЩЬЮ КОНТАКТНОГО СЪЕМА ИНФОРМАЦИИ.

Н.М. Заминалов[1], Л.И. Капитонова[1], А.А. Ушакова[1], Н.А. Шална[1], А.С. Шестаков[1], Н.А. Сухорукова[1], П.А. Кривозубов[2]

*1. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

*2. National Instruments, г. Москва*

*В статье проводится исследование сигнала с помощью применения языка разработки LabVIEW National Instruments.*

*Ключевые слова: National Instruments, PXI, LabVIEW, сигнал, контактный съём, МФУ.*

## 1. Постановка задачи

Первичной задачей исследования является контактный съём и детектирование аналогового сигнала, передаваемого на МФУ PANTUM M6500 Series, с помощью Agilent Technologies Oscilloscope. В результате этой задачи планируется получить изображение сигнала в виде осциллограммы.

В дальнейшем, мы будем использовать разработанную в среде NI LabVIEW программу для генерации и записи цифрового сигнала. В реализации поставленной задачи будет задействовано шасси PXI-1033 со встроенным модулем PXI-6562, который и будет, непосредственно, генерировать и записывать сигнал.

Работа посвящена исследованию аналогового и цифрового сигналов посредством интеграции программных средств, написанных на языке разработки LabVIEW компании National Instruments и необходимого ПО.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного комплекса для решения поставленных задач осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW с модулем niHSDIO (U32) в содействии с тестовой программой для испытаний лазерных и струйных принтеров «PrnTst». Для создания макета испытаний были использованы: 2 ПК, лазерный принтер PANTUM M6500 Series, шасси PXI-1033 с модулем для генерации и анализа цифровых сигналов PXI-6562, Agilent Technologies Oscilloscope MSO9104A.

## 3. Описание решения

В ходе исследования практическим методом при контактном подключении к USB-кабелю 2.0 было установлено, что кабель имеет 4 канала: питание, земля, data «+» - прием информации, data «-» - отдача информации [2].

Произведено обнаружение и фиксирование аналогово сигнала с USB-кабеля 2.0 на устройстве Oscilloscope MSO9104A компании Agilent Tchnologies. В процессе контактного подключения было увеличено сопротивление измерительного канала до порядка нескольких кОм. Результаты отображены на рисунке 1.




Рисунок 1 – Аналоговый сигнал с USB-кабеля 2.0 на устройстве Oscilloscope MSO9104A

Последующие измерения производились при помощи шасси PXI-1033 с модулем PXI-6562 компании National Instruments [1]. Подключение осуществлялось к двум каналам data «+» и data «-» через Differential Digital Flying Lead Cable, который имеет на выходе три разъема (ground, +, -). Для записи сигнала в дифференциальном кабеле используют разъем «+», для генерации «-». Схема проведения эксперимента показана на рисунке 2.

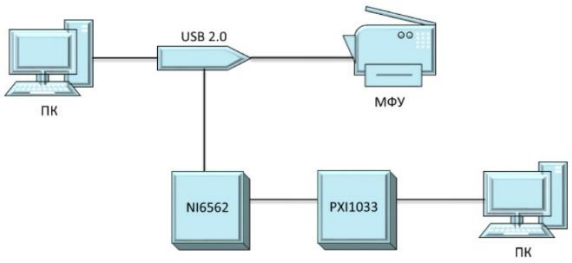



Рисунок 2 – Схема проведения эксперимента

Были созданы две программы в среде разработки LabVIEW компании National Instruments**.** Первая (рисунок 3) позволяет установить необходимые каналы для сбора данных, считать записанные данные сигнала и отобразить эти данные на графике. Для подачи тестового сигнала была использована программа PrnTst, ее интерфейс представлен на рисунке 4. Передача цифровых сигналов осуществлялось при помощи дифференциального кабеля через каналы DIO 0 (data «+») и DIO 1 (data «-») (рисунок 5).

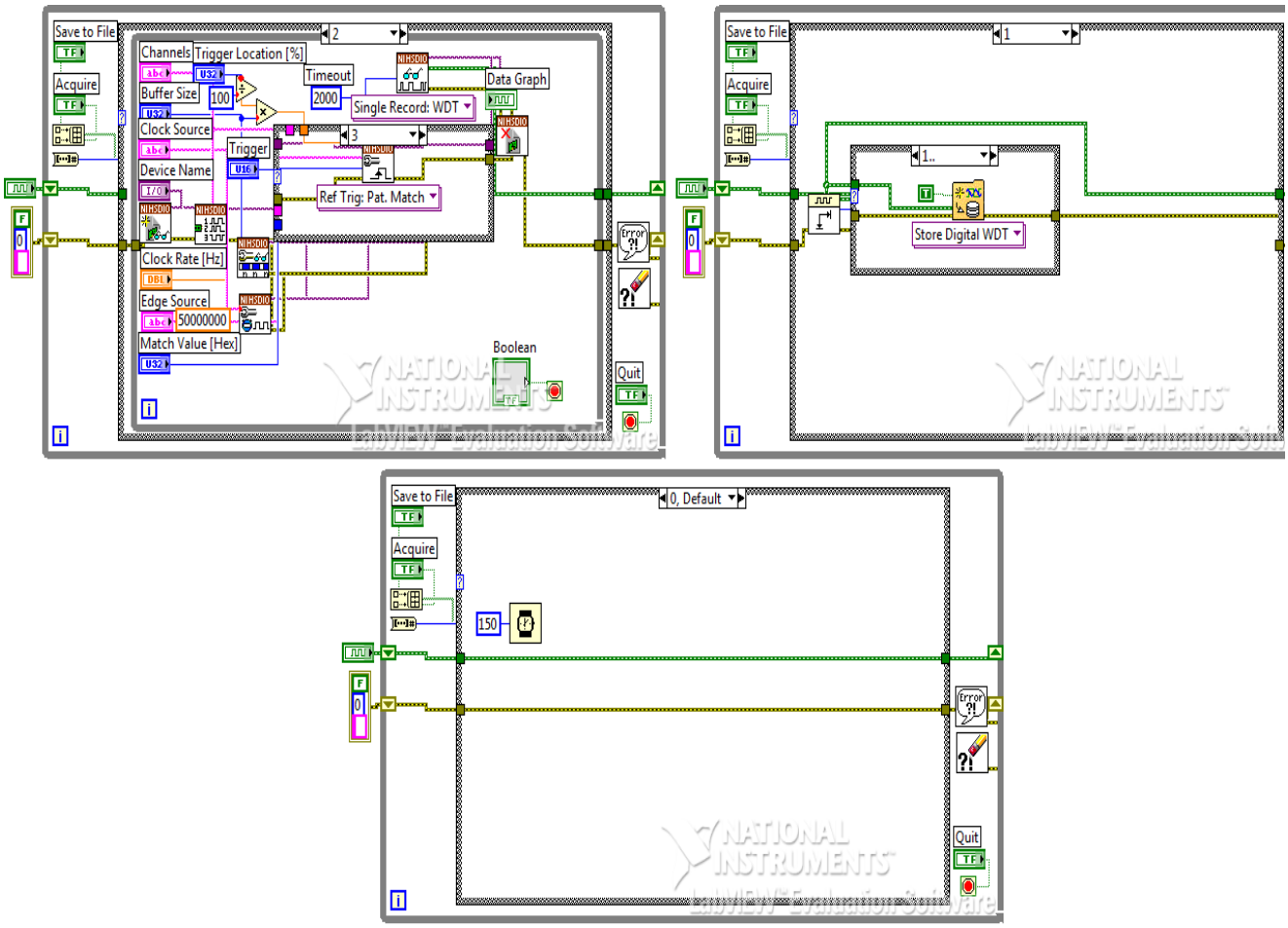



Рисунок 3 – структурная схема программы 1

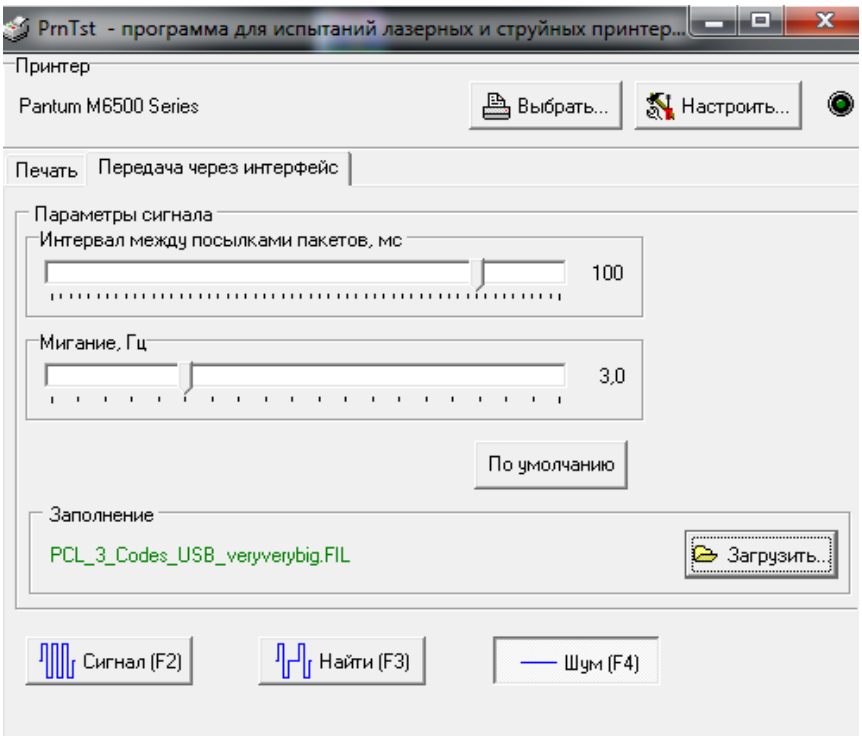



Рисунок 4 – программа для подачи тестового сигнала

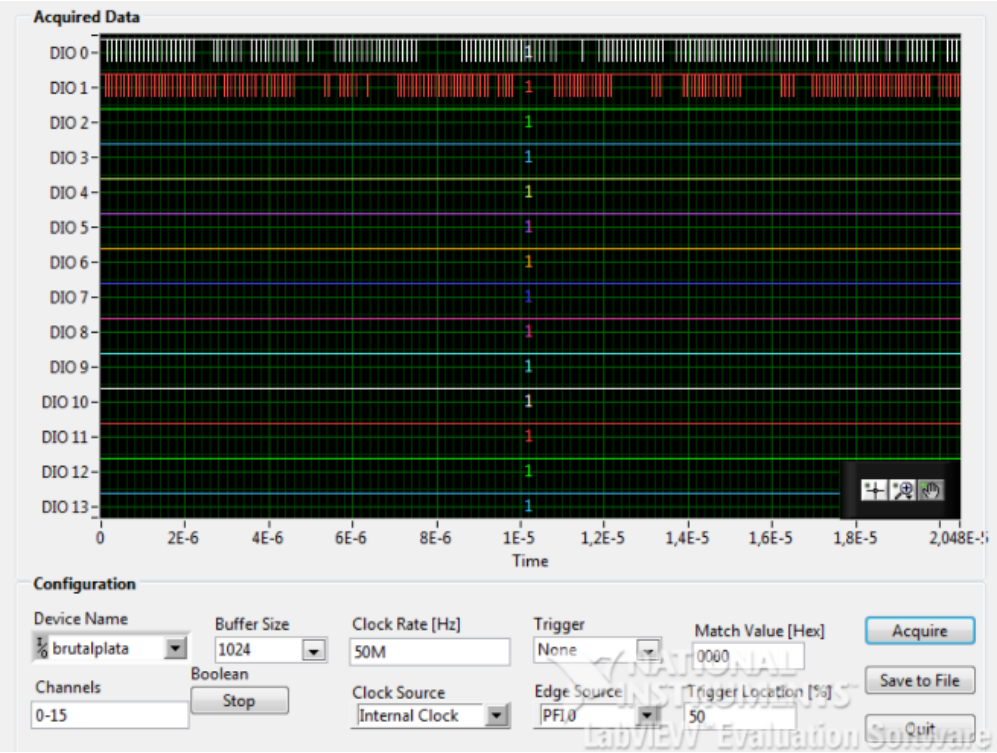



Рисунок 5 – Цифровой сигнал с USB-кабеля 2.0 отображенный в программе 1

Вторая программа (рисунок 6, 7) выполняет следующие функции: создает новый (или открывает существующий) файл, который в дальнейшем будет использоваться для записи сигнала; создает «очередь», позволяющую добавлять данные для дальнейшей обработки; затем полученные и находящиеся в очереди данные записываются в файл.

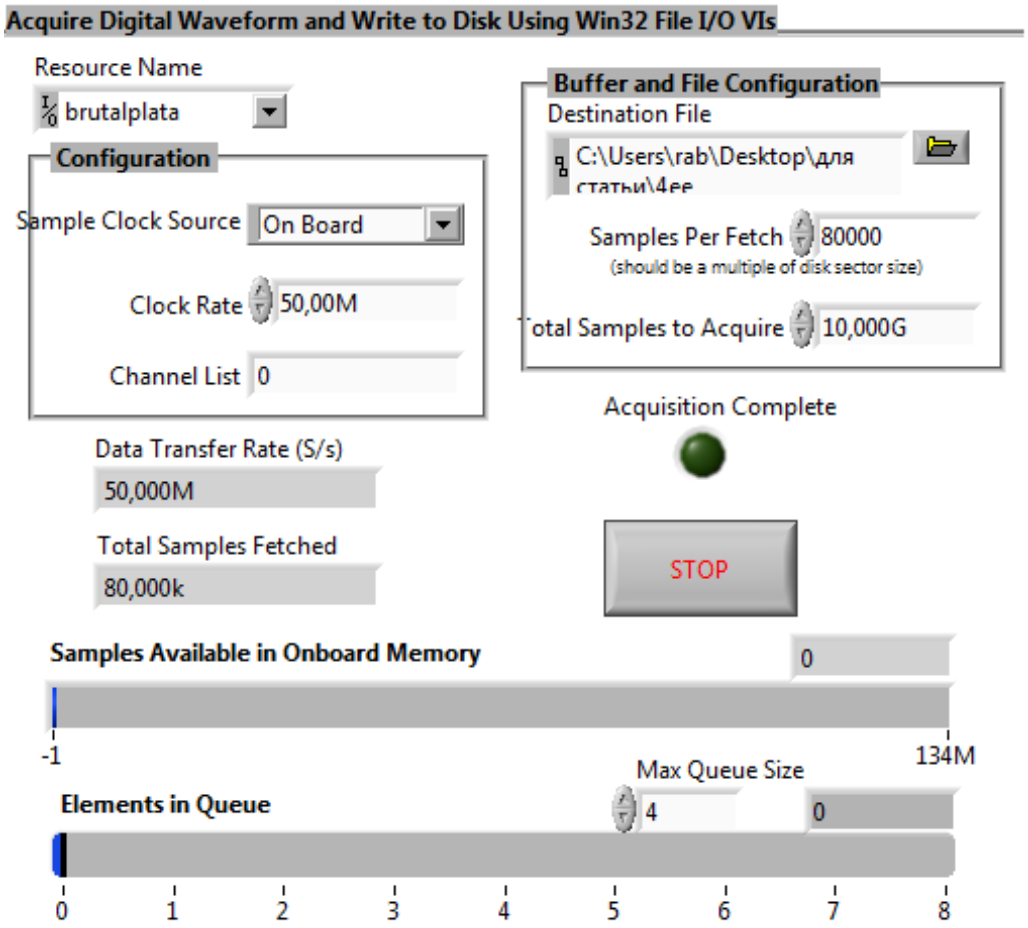



Рисунок 6 – интерфейс программы 2

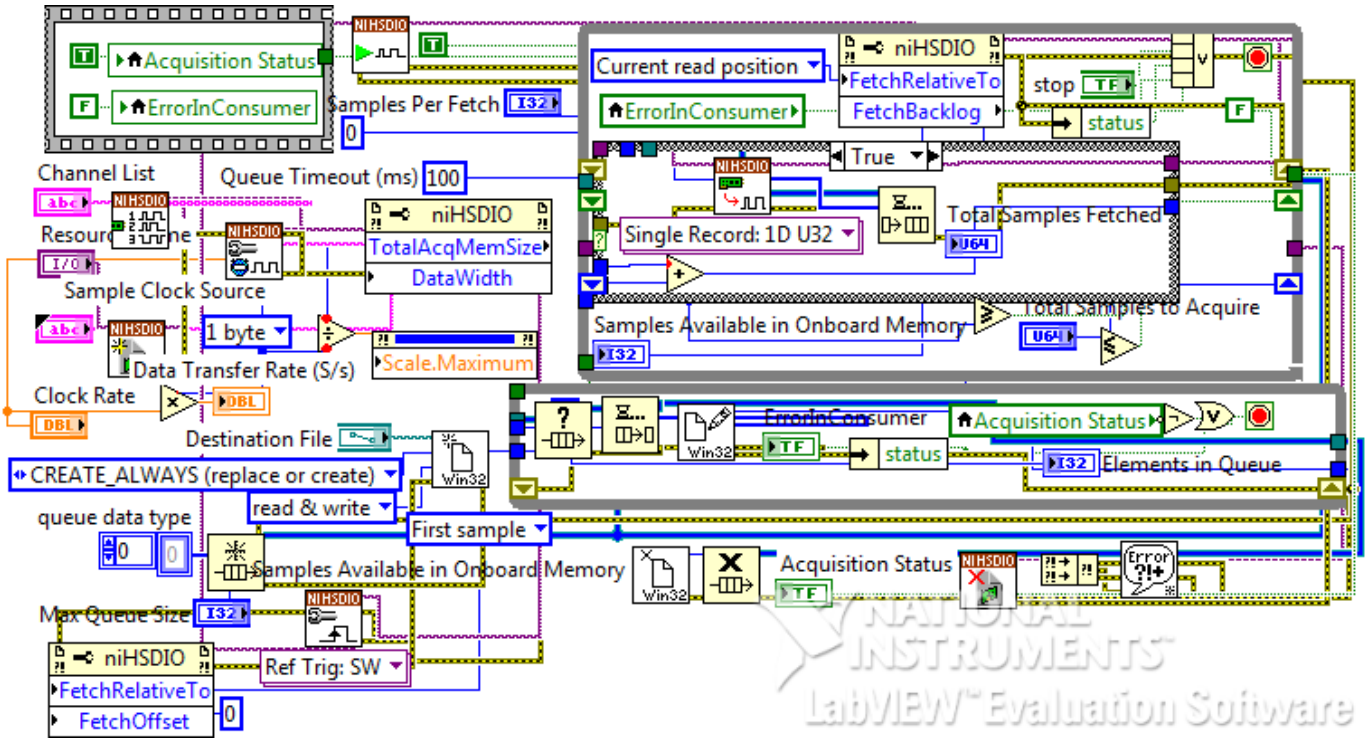



Рисунок 7 – структурная схема программы 2

По итогам проведенных исследований получены следующие результаты:

В ходе работы была проведена генерация и запись цифрового сигнала, что свидетельствует об успешной интеграции программных средств разработки LabVIEW в технический процесс анализа сигналов. Также результативно реализованный контактный съем передаваемого через USB-интерфейс сигнала можно отнести к числу методов перехвата и исследования информации.

## 4. Внедрение и его перспективы

Направления дальнейших исследований: полученные данные могут быть использованы для последующих исследований характеристик сигналов.

### 5. Список литературы


[1]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

[2]. Отчет по учебной практике на тему «Исследование каналов утечки информации принтера». Заминалов Н.А, Ушакова А.А.


**The study and data transmission to the peripheral device via the contact information retrieval.**


N.M. Zaminalov[1], L.I. Kapitonova[1], A.A. Ushakova[1], N.A. Shalna[1], A.S. Shestakov [1], N.A. Sukhorukova[1], P.A. Krivozubov[2]

1. Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia
*2. National Instruments, Russia, Moscow*



The work examines the possibility of contact interception, detection, recording to a file and visualize analog and digital signals transmitted to the printer PANTUM M6500 Series. Interception of signals was performed using Agilent Technologies Oscilloscope MSO9104A. Generation, detection and visualization of the signals and record them to a file was implemented in software written in development language LabVIEW of National Instruments. It is shown that the use of the developed software-hardware complex allows successfully to intercept and examine information.



*Keywords: National Instruments, PXI, LabVIEW, signal contact removal information.*

# ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ОТЛИВОК ИЗ ПОЛИМЕРБЕТОНА

И.В. Безин, М.С. Куц, С.О. Востриков, С.М. Николаев

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

*В статье рассматривается процесс испытания образцов из полимербетона (синтеграна) для определения основной динамической характеристики – коэффициента демпфирования. Испытания проведены на основе применения оборудования «USB-4431», «PCB 352C33» и среды разработки «LabView-2015» фирмы National Instruments. Приведена развернутая схема системы измерения, указаны ее основные блоки, описан процесс испытаний.*

*Ключевые слова: полимербетон, синтегран, металлорежущий станок, станина, демпфирующая способность*

## 1. Постановка задачи

В связи с ростом требований к динамической устойчивости металлорежущих станков при проектировании их станин все чаще используют композиционные материалы, физико-механические характеристики и надежность которых за последнее время значительно возросли. Также существенное значение имеет использование современной вычислительной техники, которая позволяет на этапе проектирования осуществлять статистическое и математическое моделирование процессов в целях совершенствования конструкции для достижения требуемых динамических характеристик станков [1]

Не случайно в промышленно развитых странах реализуются крупные национальные программы по проблеме применения перспективных конструкционных материалов в станкостроении. Одним из таких материалов является минерал-полимерный композит (МПК), который в данный момент широко осваивается. МПК или полимерный бетон принципиально отличается от традиционного цементного бетона связующим материалом, а именно полимером вместо цемента. Фирменные названия МПК в станкостроении – гранитан, синтегран и другие [2].

Наибольший эффект от использования МПК в конструкции металлорежущих станков был достигнут при использовании полимербетонов (разновидность МПК) для изготовления станин. Это объясняется тем, что при значительном увеличении скорости резания и соблюдении, а во многих случаях и значительном повышении точности обрабатываемых деталей одним из сдерживающих факторов является низкая демпфирующая характеристика традиционных конструкционных материалов – чугуна и стали. Многочисленные исследования швейцарских и немецких специалистов показывают, что многие виды полимербетонов обладают очень высокими демпфирующими характеристиками, а их использование в корпусных деталях станков позволяет резко повысить точность и производительность [3].

Основной проблемой при проектировании изделий из полимербетона является нахождение оптимального состава смеси с подбором или расчетом процентного соотношения ее компонентов и выбор качественного связующего. Это является довольно-таки трудной задачей, т.к. теоритические зависимости характеристик МПК от его состава пока слабо изучены, а «рецепты» приготовления уже хорошо зарекомендовавших себя МПК запатентованы или являются конфиденциальной информацией. Единственным выходом является эмпирический подбор состава и марки связующего в результате проведения серий экспериментов с использованием специализированного оборудования, описанию которого и посвящена данная работа.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования LabView-2015. Для реализации системы был использован аналого-цифровой преобразователь (АЦП) USB-4431 и акселерометр PCB-352C33.

## 3. Описание решения

Фотография измерительной системы с обозначенными на ней элементами изображена на рис. 1.

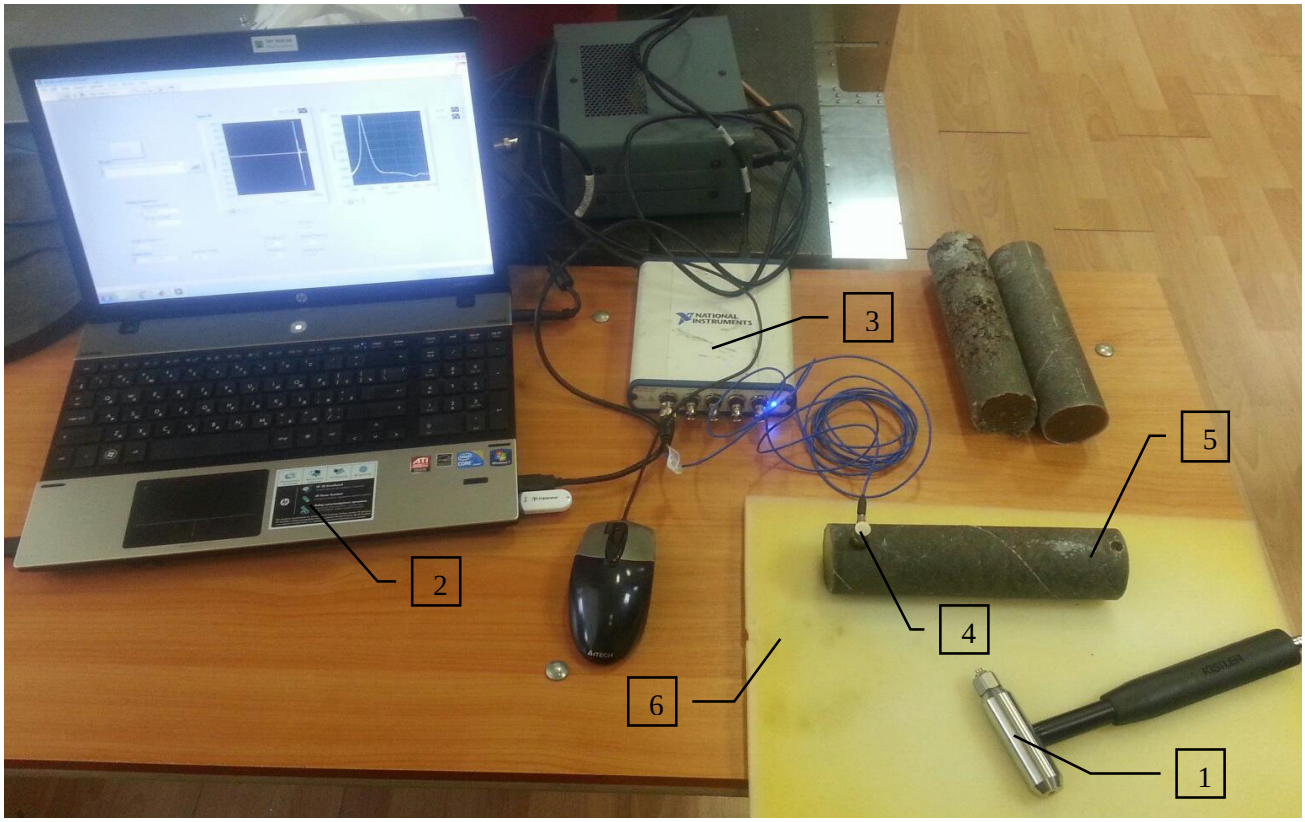



Рис. 1. Структурная схема системы измерения.
На рисунке 1 представлены: 1 - молоток; 2 - ПК с платформой LabView;
3 - блок АЦП USB-4431; 4 - акселерометр PCB-352C33; 5 - образец из полимербетона; 6 - поролон.

Объект исследования – цилиндрический образец из полимербетона (5), на поверхность которого при помощи восковой мастики прикрепляется акселерометр (4). Были отлиты 3 образца с использование различных марок связующего (эпоксидных смол): ЭД-20, Элад-167, 3D эпоксидный компаунд. В процессе испытаний на образец оказывается динамическое воздействие (наносятся легкие удары молотком (1)) и сигналы от акселерометра поступают на блок АЦП (3). После этого система оценивает время затухания колебаний и вычисляет коэффициент демпфирования, а также собственную частоту. Для того, чтобы исключить влияние окружающей среды на результаты эксперимента, образцы испытывают на подложке из поролона (6).

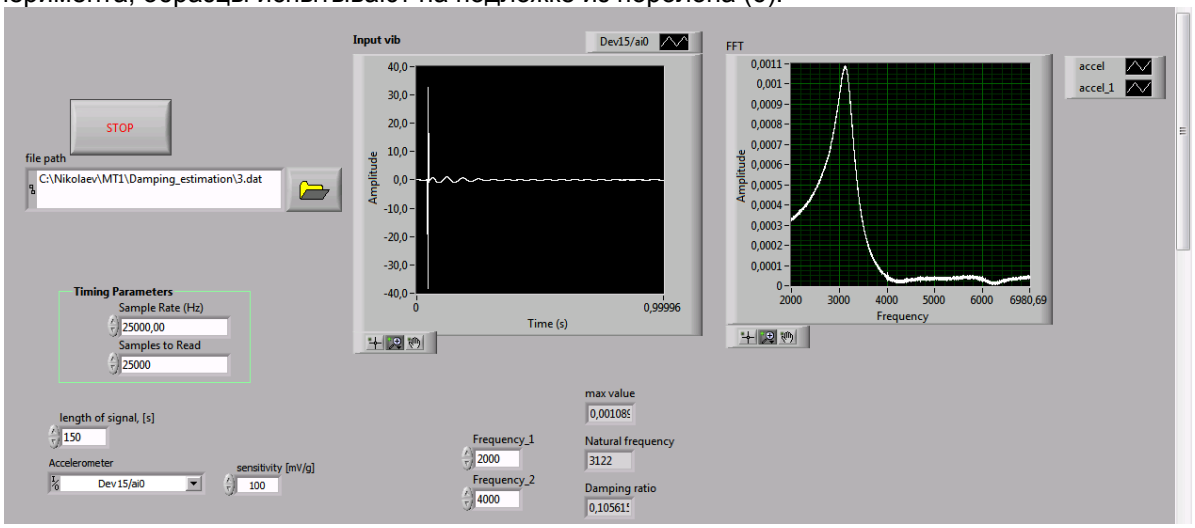



Рис. 2. График затухающих колебаний и амплитудно-частотная характеристика образца в процессе испытаний.

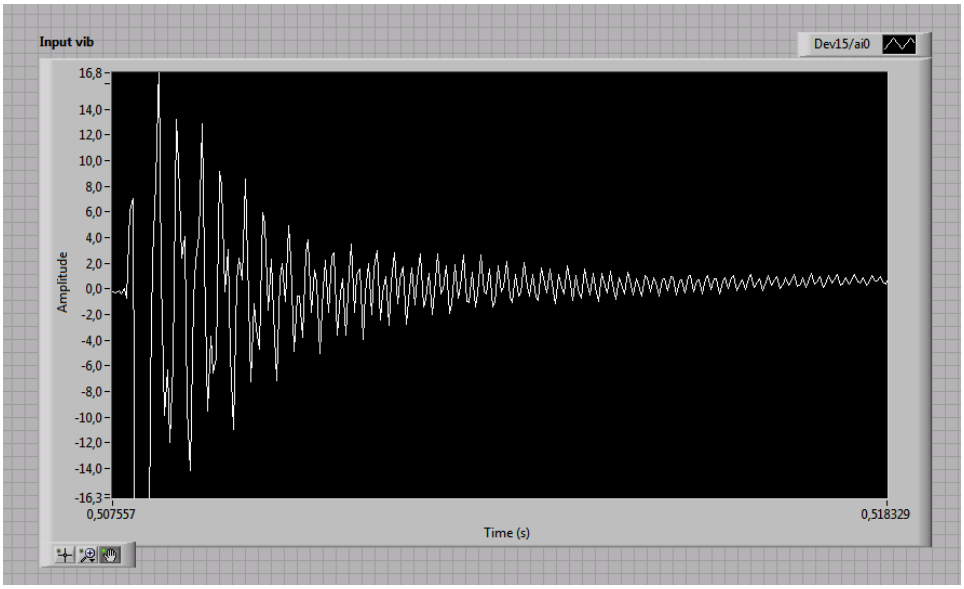



Рис. 3.Амплитудная характеристика колебаний образца.

Табл. 1. Результаты испытаний

| Марка связующего | Собственная частота, Гц | Коэффициент демпфирования |
|---|---|---|
| ЭД-20 | 3370 | 0.04 |
| Элад-167 | 3360 | 0.05 |
| 3D эпоксидный компаунд | 3100 | 0.1 |

## 4. Выводы

Разработанная система измерения может использоваться для определения коэффициента демпфирования и собственной частоты деталей и конструкций из полимербетона. Из испытанных образцов наилучшие демпфирующие способности показал образец с использованием в качестве связующего 3D эпоксидного компаунда, который в дальнейшем планируется испытать на жесткость и уточнение состава.

## 5. Список литературы

[1]. Рогов В.А., Гусаков С.В., Сидоренко С.Н. Исследование динамических характеристик особо точного токарного станка // Вестник МГТУ «Станкин». 2012. № 4(23). С. 26–27.

[2]. Шевчук С.А., Смайловская М.С. Минерал-полимерный композит для станкостроения // Ритм машиностроения. 2011. № 10. С. 26–27.

[3]. Патуроев В.В. Полимербетоны. - Москва: Стройиздат, 1987. — 286 с.

## RESEARCH OF DUMPHING PROPERTIES OF POLYMER CONCRETE CASTINGS

I.V.Bezin, M.S.Kuts, S.O. Vostrikov

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

*The article discuss about the process of polymer concrete samples test for determine the main dynamic characteristics – logarithmic decrement. Tests has been confirmed using «USB-4431» and «PCB 352C33» equipment and LabView environment by NI. Complex scheme of the investigate subject, it's main modules and the test process have been discussed.*

*Keywords: polymer concrete, sinthegran, machine tool, bed, logarithmic decrement*

# МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ХАОТИЧЕСКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Д.О. Пестерев[1], Д.Н. Бутусов[1]

*1. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург*

*В статье рассматривается структура и функциональные возможности программного комплекса моделирования и анализа нелинейных свойств дискретных нейронных сетей в среде графического программирования NI LabVIEW. Приведены блок-диаграммы виртуальных приборов, реализующих хаотический нейрон и модель нейронной сети на его основе, описан процесс исследования хаотической нейронной сети с помощью бифуркационных диаграмм и анализа выходных паттернов.*

*Ключевые слова: хаотические нейронные сети, нелинейная динамика, автоассоциативная память.*

## 1. Постановка задачи

Искусственные нейронные сети (ИНН) являются перспективным разделом математики, развивающимся с середины прошлого столетия. Будучи инспирированными исследованиями нервной системы живых существ, нейронные сети решают широкий класс задач классификации и анализа. В настоящее время активно ведутся работы по моделированию биологических нервных структур с помощью ИНН. Среди подобных работ можно отметить В. Дж. Фримана, в своей работе [1] показывающего, что в отдельных нейронах протекают процессы, которые можно описать с точки зрения моделей нелинейной динамики и детерминированного хаоса. В работе [2] были впервые продемонстрированы модели нейрона и нейронной сети, демонстрирующие хаотическое поведение, и тем самым близкие по свойствам к биологическим нейронам. Все вышесказанное придает актуальность разработке средств для изучения нейронов и нейронных сетей с точки зрения нелинейной динамики системы. Выбор среды программирования обусловлен тем, что описание структуры небольшой нейронной сети или отдельного нейрона идеально вписывается в парадигму графического программирования среды LabVIEW, имеющей также удобный инструментарий для создания аналитических виртуальных приборов.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программного обеспечение разработано в среде программирования NI LabVIEW 15.0.

## 3. Описание решения

Объект исследования - модель дискретного хаотического нейрона в составе нейронной сети.

Каждый нейрон сети описывается общим уравнением следующего вида [3]:

$$x_i(t+1) = f[\sum_{j=0}^{M} v_{ji} \sum_{d=0}^{t} k_e^d A_j(t-d) + \sum_{j=0}^{N} w_{ij} \sum_{d=0}^{t} k_l^d x_j(t-d) - \alpha \sum_{d=0}^{t} k_p^d g\{x_i(t-d)\} - \Theta_i],$$

где $x_i(t)$ - выход *i*-го нейрона в момент времени t; $f$ - функция активации нейрона; $A_j(t-d)$ - *j*-ое внешнее воздействие, подаваемое на вход нейрона; $v_{ji}$, $w_{ij}$ - весовые коэффициенты; $k_e^d$, $k_l^d$, $k_p^d$ - коэффициенты затухания; $\alpha$, $\Theta_i$, $g$ - параметры устойчивости системы.

Основным инструментом визуального анализа поведения отдельного нейрона является бифуркационная диаграмма (рис.1).

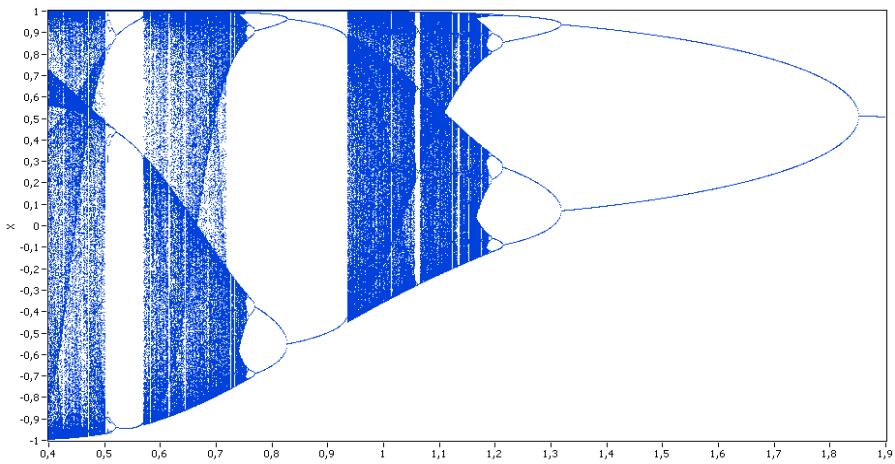



Рис.1. Бифуркационная диаграмма модели нейрона с функцией активации *tanh(x/e)* по параметру *e*.

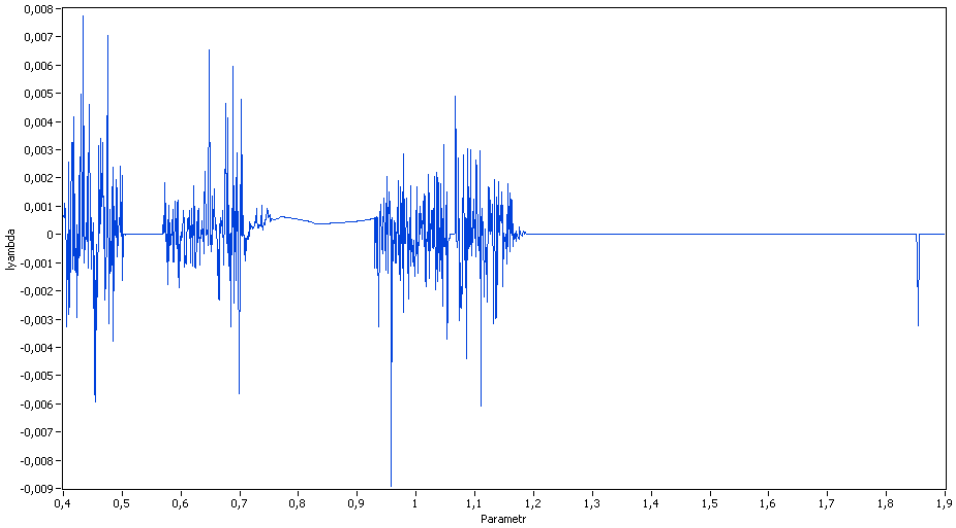



Рис.2. График поведения ляпуновской экспоненты хаотического нейрона.

Дополнительным инструментом анализа поведения нейрона выступает график ляпуновской экспоненты (рис.2), позволяющий определить параметры хаотического режима колебаний системы.

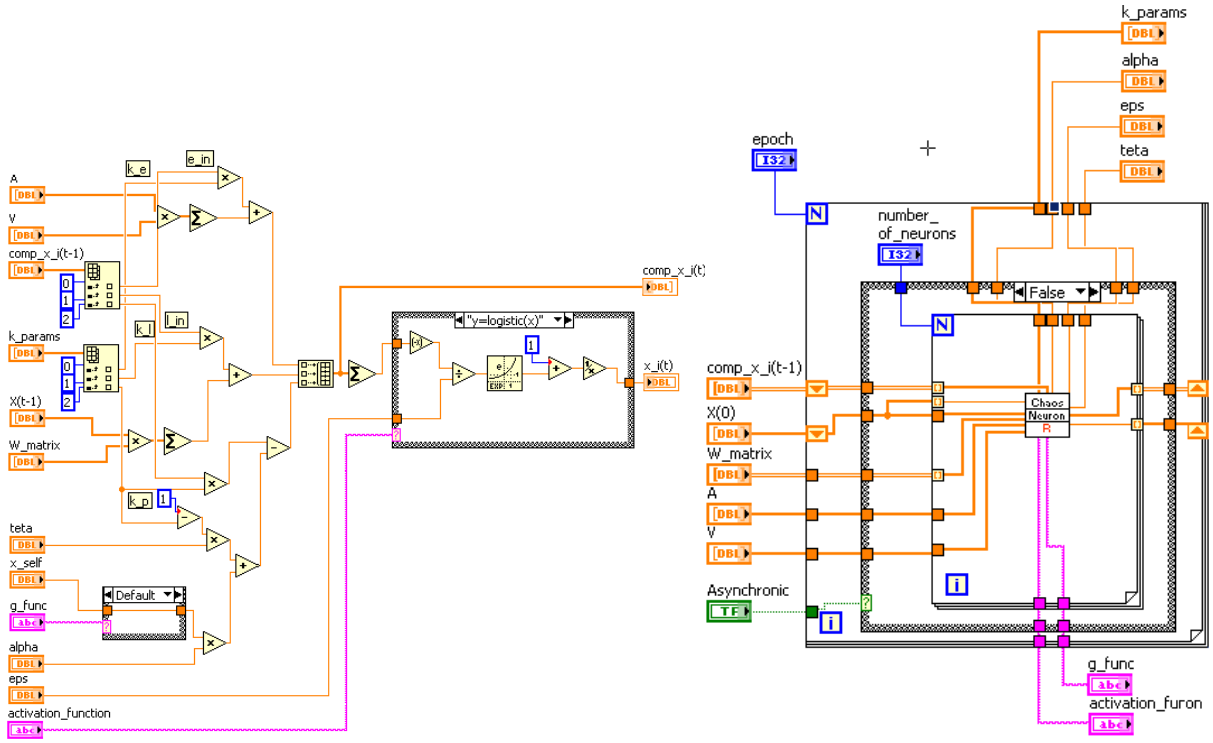



Рис.3. Модель хаотического нейрона (слева) и модель нейронной сети на его основе (справа).

Разработанный комплекс виртуальных приборов предназначен для моделирования, тестирования и обучения дискретных нейронный сетей как классического, так и хаотического типа.

Хаотическая нейронная сеть составлена из отдельных нейронов на основе модели, представленной на рис.3, с произвольной нелинейной функцией активации. Обучение сети происходит по правилу Хебба в отдельном подприборе по заданному набору паттернов определенного размера.

Основным инструментом практической оценки работы нейронной сети служит набор выходных паттернов в моменты времени *t=0,1…n*, позволяющий обнаружить хаотическое поведение системы при заданных параметрах и оценить его качественную динамику. На рис.4 представлен набор выходных паттернов сети, показанной на рис.3. Очевиден апериодический характер генерируемых изображений, что подтверждает хаотичность поведения сети, предсказанную ранее при анализе бифуркационной диаграммы (рис.1) и графика ляпуновской экспоненты (рис.2).

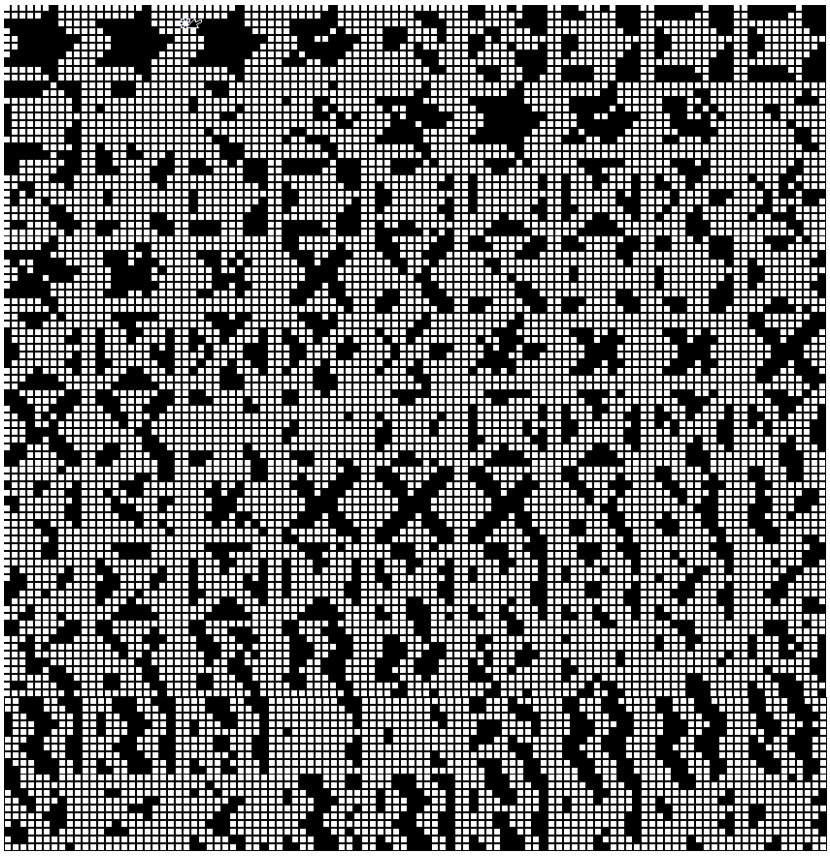


Рис.4. Набор выходных паттернов хаотической нейронной сети.

Созданный программный комплекс позволяет определить параметры модели, при которых в нейронной сети протекают хаотические процессы, провести исследование различных функций активации нейрона и оценить динамику процесса, например, период смены различных паттернов.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанный комплекс виртуальных приборов используется в учебно-научном Центре «Технологии National Instruments» кафедры систем автоматизированного проектирования СПбГЭТУ «ЛЭТИ» при проведении дисциплин «Компьютерные технологии виртуализации» и «Нелинейная динамика», а также в научной работе сотрудников Центра.

**5. Список литературы**


[1]. Freeman, W. J., Simulation of chaotic EEG patterns with dynamic model of the olfactory system (1987) Biological Cybernetics, 56, 139-150.

[2]. Aihara, K., Takabe, T., Toyoda, M. Chaotic Neural Networks (1990) Physic Letters A, 144, 333-340.

[3]. Masaharu, A. & Aihara, K. Associative Dynamics in a Chaotic Neural Network (1997) Neural Networks, 10(1), 83-98.


## SIMULATION AND ANALYSIS OF CHAOTIC NEURAL NETWORKS


D.O. Pesterev[1], D.N. Butusov[1]

*1. Saint Petersburg Electrotechnical University LETI.,Saint-Petersburg, Russia.*



*The article describes the structure and functionality of software complex for nonlinear neural networks simulation and analysis. Block diagrams of the chaotic neuron model VI and neural network based on it are shown. The process of chaotic neural network research is shown through bifurcation diagram, Lyapunov exponent graph and output pattern analysis.*



*Keywords: artificial neural networks, chaotic neural networks, nonlinear dynamics, autoassociative memory*

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЛЬТА-МОДУЛЯТОРА ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ LabVIEW

*З.А. Азмайпарашвили, Ю. Ш. Модебадзе, Г.Г. Мурджикнели*

*Грузинский технический университет, Грузия. Тбилиси*

*В данной статье, рассматривается структурная схема дельта-модулятора цифровых сигналов и созданная на его основе модель в среде LabVIEW. Приведена структурная схема устройства и соответствующая блок-диаграмма и лицевая панель созданного виртуального прибора.*

*Ключевые слова: цифровой сигнал, кодирование, DM, предсказание, квантование, сумматор, ограничитель, декодер, LabVIEW*

**1.Постановка задачи**

В большинстве случаев конечной целью теоретически разработанных методов является их практическая реализация в виде приборов и устройств, для чего необходимо предварительное изготовление макета. Все это связано с определенными трудностями, которые вызывают большие материальные и временные затраты. Исходя из вышесказанного, целесообразно, вместо макета дельта-модулятора использовать созданный на компютере виртуальный прибор.

**2. Использованный метод и программное обеспечение**

В данной работе использован дельта-модуляционный метод обработки цифровых сигналов, который выделяется простотой реализации. Его моделирование выполняется с помощью программы LabVIEW, в результате чего получается виртуальный прибор.

**3. Описание работы**

Цифровые (а также аналоговые) сигналы содержат избыточность, для сокращения которой применяют различные способы [1,2]. Одним из них является дельта-модуляция, которая формирует разностный сигнал между текущим и предшествующим восстоновленным отсчетами входного сигнала. Структурная схема дельта-модулятора показана на рис. 1, которая состоит из вычитателя, определителя знака, схемы присваивания знака, интегратора, схемы задержки сигнала. Они выполняют следующие функции:

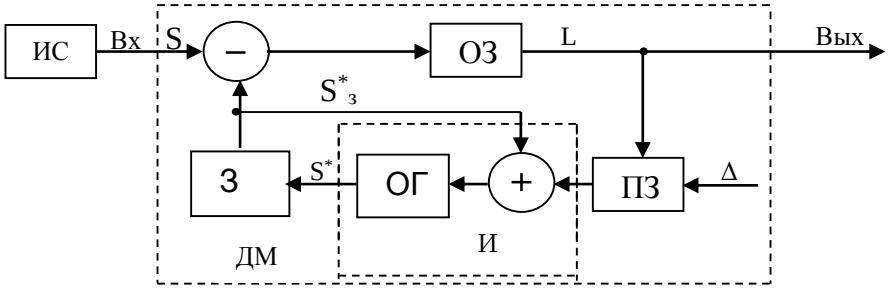



Рис. 1. Структурная схема дельта-модулятора цифровых сигналов

а) В вычитателе из входного квантованного (S) сигнала вычитается восстановленный задержанный квантованный $S^*_з$ сигнал. в результате на выходе вычитателя получаем разностный сигнал;

б) В определителе знака (ОЗ) определяется знак разностного сигнала и на его выходе получается одноразрядный соответствующий знаку сигнал L;

в) Схема присваивания знака (ПЗ) присваивает положительный или оттрицательный знак шагу квантования Δ=d восстановленному сигналу;

г) Интегратор состоит из сумматора и ограничителя. В сумматоре (+) выходной сигнал суммируется с шагом квантования по тактам; В ограничителе (О) происходит формирование полученного на выходе сумматора сигнала, т.е. нижние и верхние значения диапазона этого сигнала должны быть уменьшены до нижнего и верхнего значений входного сигнала;

е) В схеме задержки (З) происходит задержка восстановленного S* сигнала на один такт.

На основании вышеизложенного составлена программа виртуального прибора, показанная на рис. 2, а на рис. 3 показана передняя панель данного прибора.

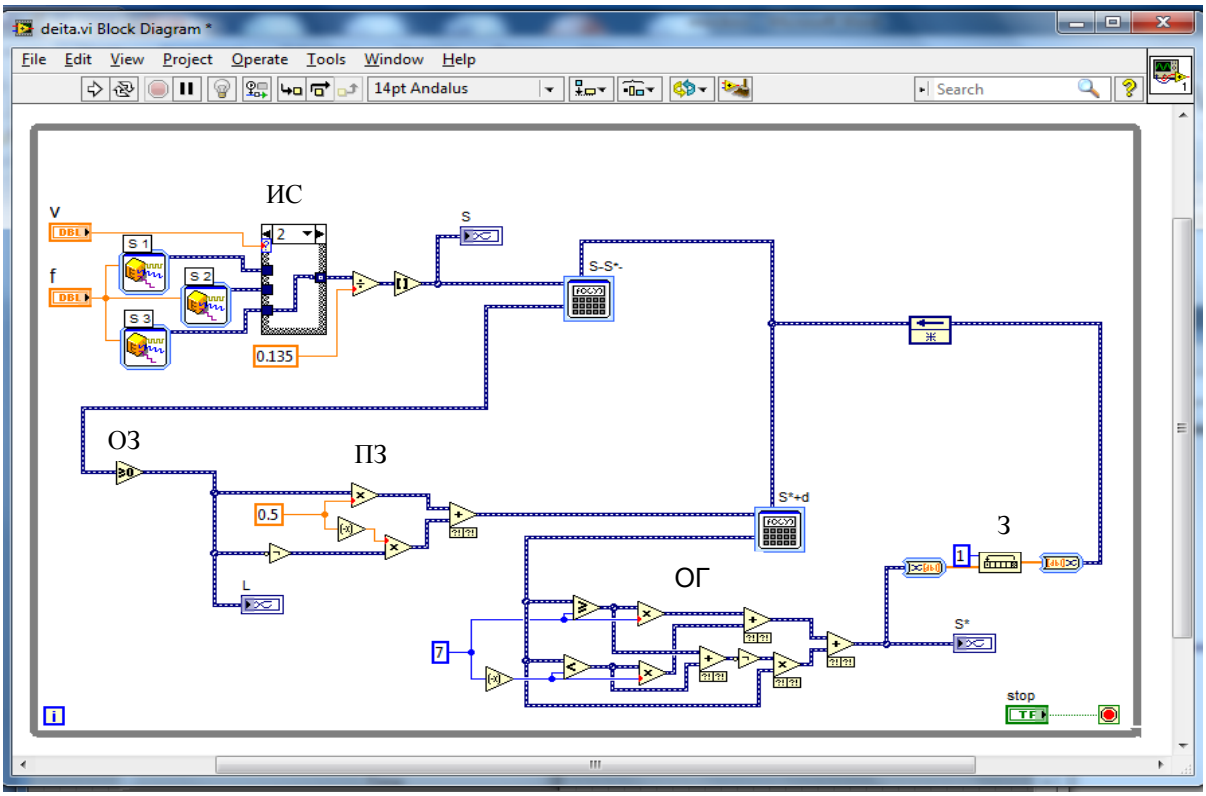



Рис. 2. Блок-диаграмма ВП

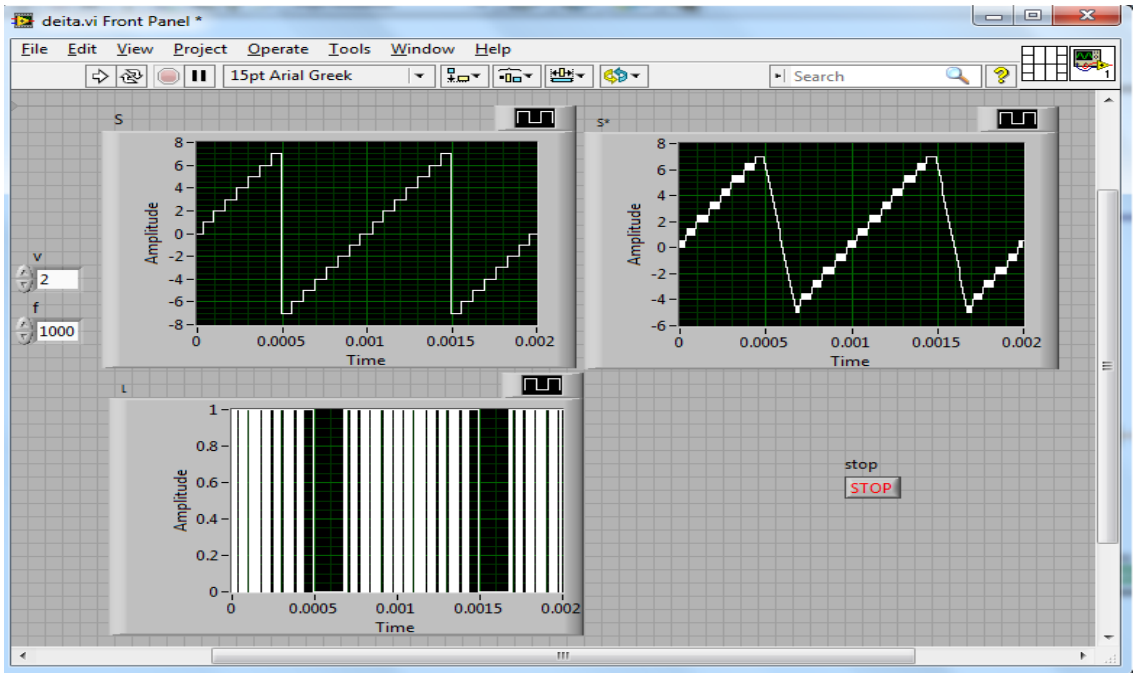



Рис. 3. Лицевая панель ВП

Программа состоит из цикла и из помещенных в ней блоков: источника синусоидального напряжения и И интегратора. Для получения источника сигнала используются [3,4]: три источтика (Simulate Sig), где первый (S1) формирует синусоидальный сигнал, второй (S2) треугольный сигнал, а третьий (S3) пилообразный сигнал; блок выбора сигналов (Case Structure), который на выходе дает один из сигналов S1, S2, или S3; делитель (Divide), где сигнал делится на соответствующий шагу квантования число; узел округления (Round To nearest), который округляет значение полученного ситгнала до ближайшего целого числа.

Вычитание и суммирование выполняются двумя блоками, выполняющие математические операции (Formula).

Определение знака происходит блоком «больше-равно» (Creater Or Equal To?).

Присваивание знака выполняется блоками двух умножений (Multiplu), одного суммирования (Add) и одного изменения знака (Negate).

Для получения ограничителя используются следующие блоки: один «больше-равно» (Creator Or Equa?), один «меньше» (Less?), три умножения, три суммирования, один изменения знака и один инверсии (Not).

На один элемент задержка осуществляется блоком масива (Rotate 1D array).

Соединение блоков осуществлено по описании структурной схемы дельта-модулятора.

Передняя панель виртуального прибора содержит два ввода данных (Num Ctre) и три осциллографа (Graph).

При записи чисел в узел ввода данных V выбирается вид сигнала (при записи 0 дельта-модулятору подается квантованная синусоида, при записи 1 – треугольный сигнал, а при записи 2 – пилообразный сигнал). В узел ввода данных f записывается частота сигнала. На осциллографе полученный сигнал S является видом квантованного входного сигнала дельта-модулятора, $S^*$− видом восстановленного квантованного сигнала, а на осциллографе L получаем знак обработанного дельта-модулятором разностного сигнала .

**4. Внедрение и его перспективы**

Выполненную работу можно внедрить при обработке цифровых сигналов малой скорости. Ее можно использовать также в учебном процессе студентов, обучающихся на факультетах Информатики и систем управления и Энергетики и телекоммуникаций Грузинского технического университета.

В дальнейшем предполагается также моделирование и других методов кодирования цифровых сигналов.

**5. Список литературы**

[1]. Погрибной В. А. Дельта-модуляция в цифровой обработке сигналов, М.:Радио и связь,1990, 216 с.

[2]. http://www.kit-e.ru/artikles/circuit/2010_11_154. php.

[3]. Бутырин П.А., Васьковская Т.А., Каратаева В.В., Материкин С.В., Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 (30 лекций), М.:ДМК Пресс, 2005. 264 с.

[4]. Джеффри Тревис, LabVIEW для всех. Перевод Клушина Н. А. Под редакцией Шаркова В. В., Гурьева В. А. «Прибор Комплект» М.: 2005, 536 с.

**MODELING OF DIGITAL SIGNALS DELTA MODULATOR ON LABVIEW SOFTWARE BASIS**

Z.A. Azmaiparashvili, J.S.Modebadze, G.G.Murjikneli

*Georgian Technical University, Tbilisi,Georgia*

*In this article considered the structural diagram of a digital signal delta modulator and created on its basis model in the LabVIEW environment. A structural diagram of the device and the corresponding block diagram and front panel of a created virtual instrument*

*Keywords: digital signal, encoding DM, prediction, quantization, sampling, adder, limiter, decoder, LabVIEW*

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОМЕРНОГО ДИКМ НА БАЗЕ ПРОГРАММЫ LabVIEW

Ю. Ш. Модебадзе
*Грузинский технический университет, г. Тбилиси*

*В данной работе, рассматривается структурная схема ДИКМ (дифференциальная импульсно-кодовая модуляция) и созданная на его основе модель соответстующего устройство на базе LabVIEW. Для проверки адекватности модели, используется телевизионный сигнал цветного изображения.*

***Ключевые слова**: цифровой сигнал, кодирование, ДИКМ, предсказание, квантование, выборка, сумматор, ограничитель, декодер, LabVIEW*

## 1. Постановка задачи

Теоретическое решение задач часто связано с изготовлением соответствующего макета, на что необходимо затратить большие материальные и временные ресурсы. Исходя из этого, целесообразно, вместо макета использовать созданный на компютере виртуальный прибор.

## 2. Используемый метод и программное обеспечение

Часто, при обработке сигналов, в том числе цифровых, сокращают итзбыточность. Это делается за счет существующей кореляции между отделными отсчетами сигналов.

В данной работе для сокращения избыточности использован одномерный ДИКМ (дифференцияльный импульсно-кодовый модуляционный) метод обработки цифровых сигналов. Его моделирование выполняем с помощью программы LabVIEW.

## 3. Описание работы

Известны разные способы уменьшения избыточности сигналов [1,2]. Одним из них является ДИКМ. Здесь сокращение избыточности происходит на основе предсказания текущего отсчета предшествующими отсчетами.

Целью данной работы является моделирование одномерного ДИКМ на примере телевизионного сигнала, где предсказание осуществлается только предидущим элементом.

В рассматриваемом ДИКМ (рис. 1) происходит формирование последовательности отсчетов разностного сигнала, который получаем вычитанием из текущего сигнала его предсказанного сигнала.

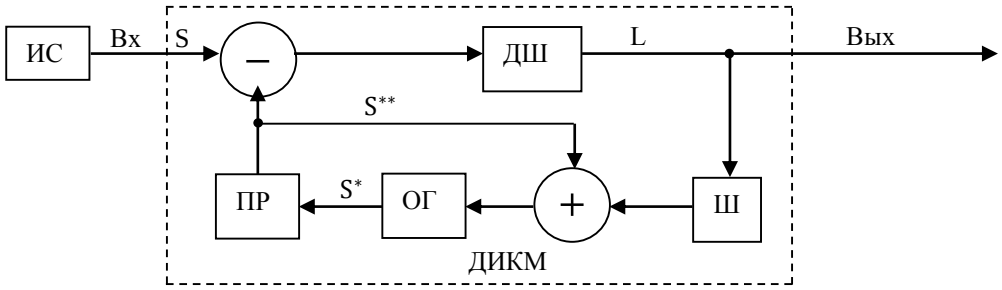



Рис. 1. Структурная схема дифференциального ИКМ

моделирование выполнено по структурной схеме (рис. 1). Блок-диаграмма и передняя панель созданного виртуалного прибора показаны на рисунках 2 и 3.

Блок-схема (цикл “For Loop”) состоит из следующих блоков:

1. Источника сигнала (ИС), который переводит цветную картину записанную в формате JPEG в программу LabVIEW. После перевода получается Y цветной сигнал ввиде числового массива (0-255). Для перевода и показа этой картины используются следующие программные обозначение: “ Write JPEG File ”, “Flatten Pixmap”, “ Draw Flatten Pixmap”, “2DPicture” [3,4].

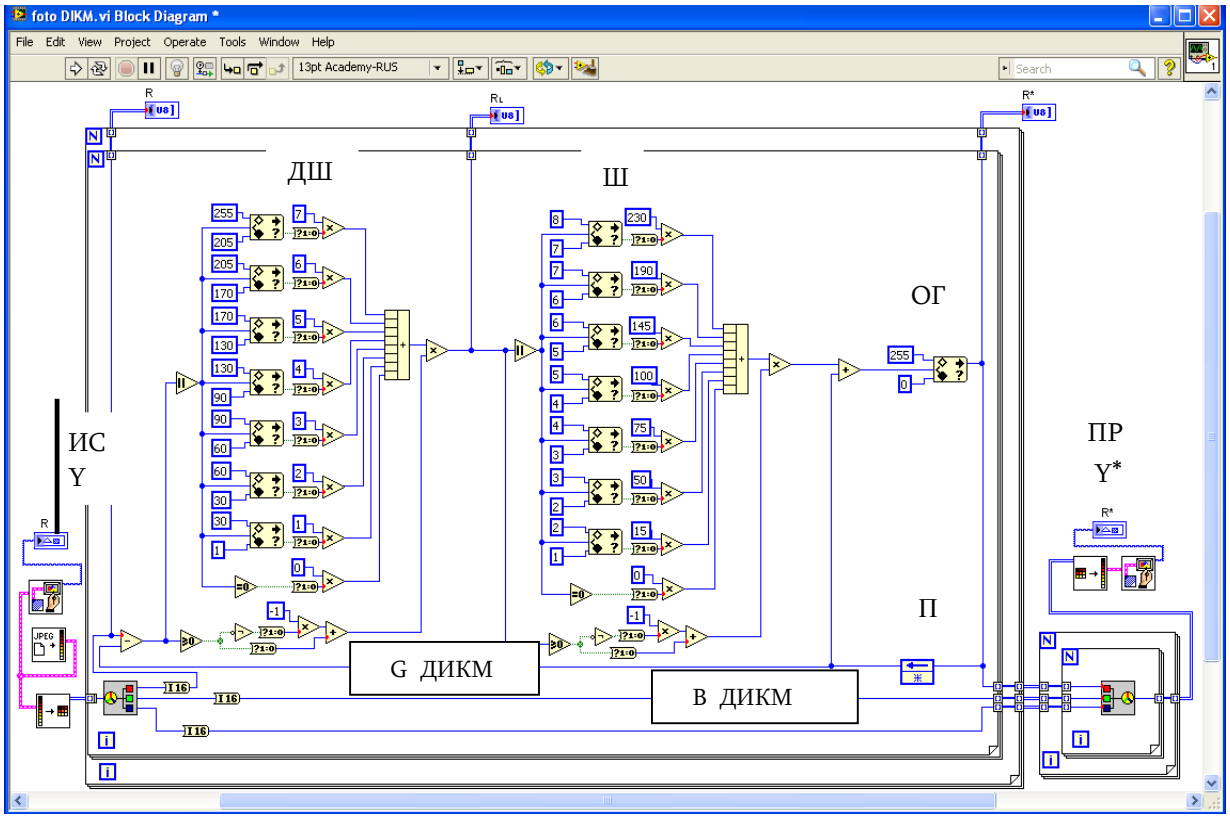



Рис. 3 блок-диаграмма ВП

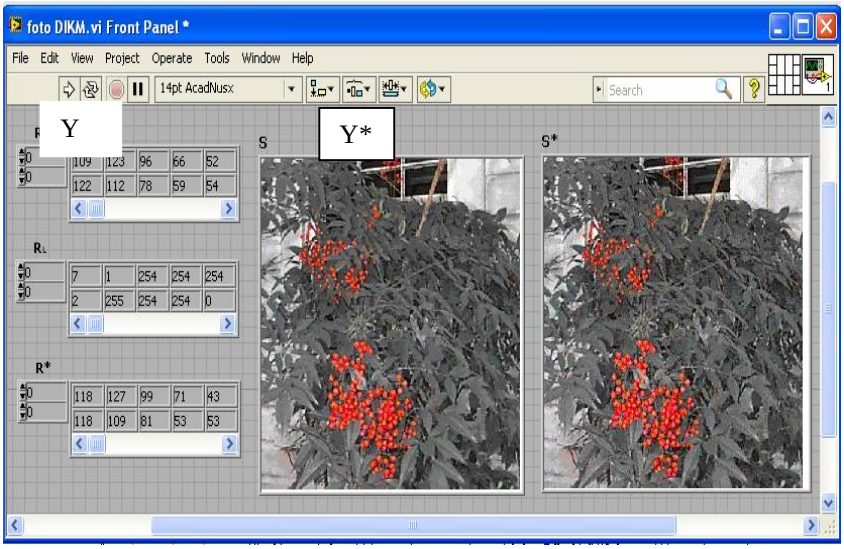



Рис. 4 Передняя панель ВП

2. Цикла “For Loop”, состоящего из следующих узлов: а) разложителя цветного сигнала на составляющие R, G, B (“Color to RGB”) и увеличителя разрядов чисел соотвествующий R, G, B (“To Word Integer”); б) ДИКМ, состоящего из: (–) вычитателя (“Subtract”), дешифратора (ДШ), где происходит перекодирование разностного сигнала по табл. 1 (“Abcolute Value”, “Greater Or Equal To 0?”, Equai To 0?, “Not”, “In Range and Coerce”, “Boo To 0,1”, “Numeric Constant”, “Multipley”, “Compound Arithmetic”, “Add”); шифратора (Ш), выполняющего обратное перекодирование по табл. 1 (“Abcolute Value”, “Greater Or Equal To 0?”, Equai To 0?, “Not”, “In Range and Coerce”, “Boo To 0,1”, “Numeric Constant”, “Multipley”, “Compound Arithmetic”, “Add”); сумматора (+), где предсказанному сигналу добавляется разностный сигнал и происходит восстановление текущего отсчета (“Add”); ограничителя (О), который во время появления на

Таб.1 работы ДШ и Ш

| Вх. ДШ | Вых. ДШ | Вых. Ш |
|---|---|---|
| 0 – ±255 | 0 – ±7 | 0 – ±230 |
| 0 | 0 | 0 |
| ±(1– 30) | ±1 | ±15 |
| ±(30– 60) | ±2 | ±50 |
| ±(60– 90) | ±3 | ±75 |
| ±(90– 130) | ±4 | ±100 |
| ±(130– 170) | ±5 | ±145 |
| ±(170– 205) | ±6 | ±190 |
| ±(205– 255) | ±7 | ±230 |

выходе сумматора числа больше 255 выдает это число, а при появляении отрицательного число – выдает ноль (“In Range and Coerce”, “Numeric Constant”); предсказателя (П), где осуществляется задержка на один элемент (“Feedback Node”).

На блок-диаграмме показана программа ДИКМ только для R сигнала. То же самое будем иметь для сигналов B и G.

3. Приемника (ПР), который переводит обработанный массив в картину. На переднем панеле расположены массивы и осциллографы, которые показывают соответствующие числа и картины (“For Loop”, “ RGB To Color”, “Unflatten Pixmap”, “ Draw Unflatten Pixmap”, (“Picture”).

**4. Внедрение и его перспективы**

Выполненную работу можно внедрить при обработке цифровых телевизионных сигналов. Ее можно использовать также в учебном процессе студентов, обучающихся на факультетах Информатики и систем управления и Энергетики и телекоммуникаций Грузинского технического университета.

В дальнейшем предполагается также моделирование и других методов кодирования цифровых сигналов.

**5. Список литературы**


[1]. Санников В.Г. Цифровая передача непрерывных сообщений на основе дифференциальной и мпульсно-кодовой модуляции. Научно-техническое издательство «горячая линия – телеком». 2016г, 98 с.

[2]. http://www.kit-e.ru/artikles/circuit/2010_11_154.php

[3]. Бутырин П.А., Васьковская Т.А., Каратаева В.В., Материкин С.В., Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW

7(30 лекций), М.:ДМК Пресс, 2005. 264 с.

[4]. Джеффри Тревис, LabVIEW для всех, Перевод Клушина Н. А. Под редакцией Шаркова В. В.,Гурьева В. А., «ПриборКомплект» Москва 2005, 536 с.


**MODELING ONE-DIMENSIONAL DPCM BASED on LABVIEW SOFTWARE**


Juri Modebadze

Georgian Technical University,Tbilisi,Georgia



*In this paper, we are considered a block diagram of the DPCM (Differential Pulse Code Modulation) and created on its basis the model of the related device based on LabVIEW. To check the adequacy of the model, used television color image signal.*



*Keywords: a digital signal, encoding, DPCM, prediction, quantization, sampling, adder, limiter, the decoder, LabVIEW*

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ БИНАУРАЛЬНОГО СЛУХА И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧЕВОГО СИГНАЛА ПРИ БИНАУРАЛЬНОМ ВОСПРИЯТИИ В СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ NI LABVIEW.

Н.М. Заминалов[1], Е.А. Мамченко[1], Е.М. Череданова[1], А.А. Ушакова[1], С.В. Долгих[1], П.А. Кривозубов[2]

*1. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва,*
*2. National Instruments, г. Москва,*

*В статье проводится исследование трех моделей бинаурального восприятия, характеристик и демаскирующих признаков при бинауральном восприятии речевого сигнала, а так же моделируются особенности бинаурального слуха с помощью применения языка разработки LabVIEW National Instruments.*

*Ключевые слова: бинауральное восприятие, демаскирование, речевой сигнал, порог слышимости.*

**Постановка задачи**

Первичной задачей исследования является разработка программы в среде NI LabVIEW для определения границ применимости трех моделей бинаурального восприятия в азимутальной плоскости на основе теоретических данных. С помощью данной программы можно установить границы применимости всех трех моделей в условиях изменения различных данных (местоположение, частота, интенсивность и т.д.). Для определения адекватности применения данной программы необходимо проведение серии практических опытов, которые покажут, насколько практически эффективна созданная программа.

Вторичной задачей является исследование характеристик бинаурального восприятия при проведении реального эксперимента.

Работа посвящена моделированию особенностей бинаурального слуха и исследованию характеристик речевого сигнала при бинауральном восприятии с помощью применения языка разработки LabVIEW компании National Instruments.

**Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание комплекса для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования LabVIEW с модулями NI VISA, NI DAQmx [1]. В ходе реализации испытательного стенда был использован многофункциональный модуль сбора данных NI USB – 6210.

**Описание решения**

Для проведения измерений были использованы два микрофона, имитирующие уши человека. На рисунке 1 представлена схема проведения эксперимента, измерительные микрофоны находились на расстоянии 1м от источника звука, 1м от поверхности земли, 30см друг относительно друга.

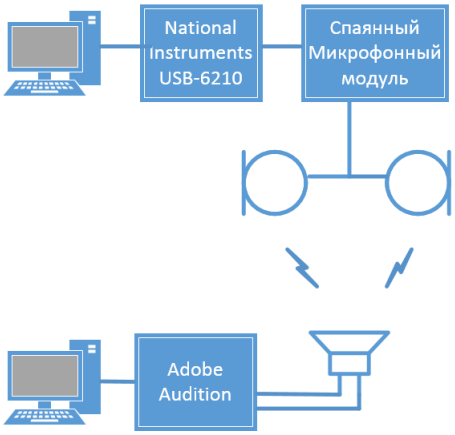



Рисунок 1 – Схема проведения эксперимента

В программе Adobe Audition были созданы и воспроизведены сигналы (тоновый сигнал на частотах 100, 500 и 2000 Гц, а также речевой сигнал), данные о приеме которых фиксировались в программе, созданной в среде разработки NI LabVIEW. Осциллограммы используемых сигналов показаны на рисунке 3. Производилась запись и постобработка с помощью корреляционного анализа.




Рисунок 2 – Блок-диаграмма проведения измерений

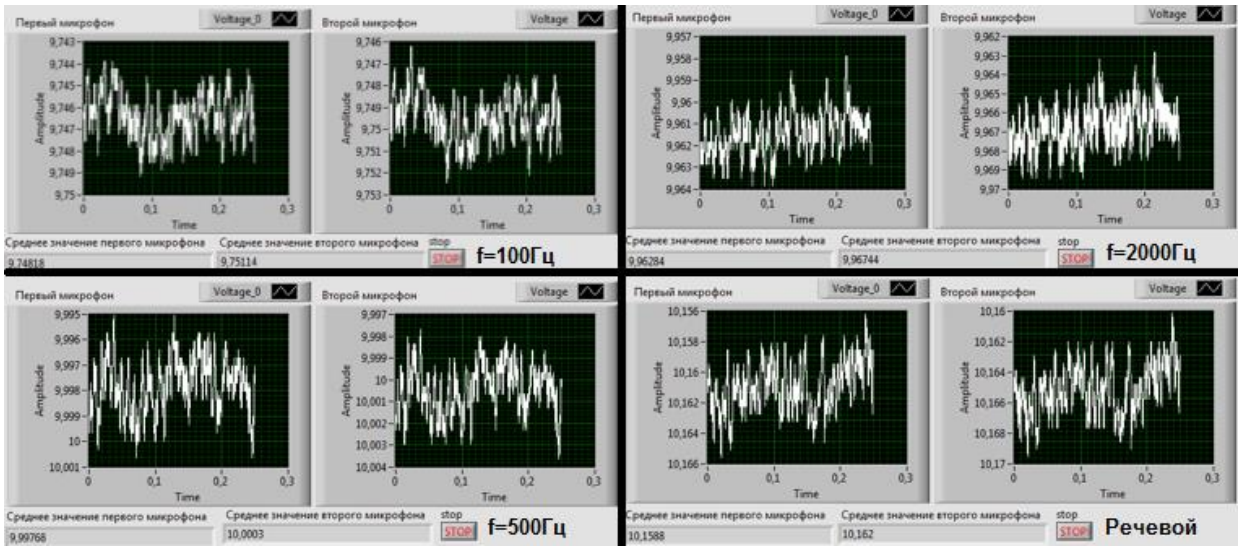



Рисунок 3 – Полученные осциллограммы для разных типов сигнала

Для проверки полученных экспериментальным методом сигналов была создана программа в среде разработки LabVIEW, построенная на основе существующих теоретических сведениях о моделях бинаурального восприятия звука, ее листинг представлен на рисунке 4. Входными параметрами являются интенсивность источника звука, а также координаты трех точек: источник сигнала и два приемника. На основе математических формул [2], была рассчитана интенсивность звука двух приемников, рассчитанная, в зависимости от типа распространения волн (плоская или сферическая).

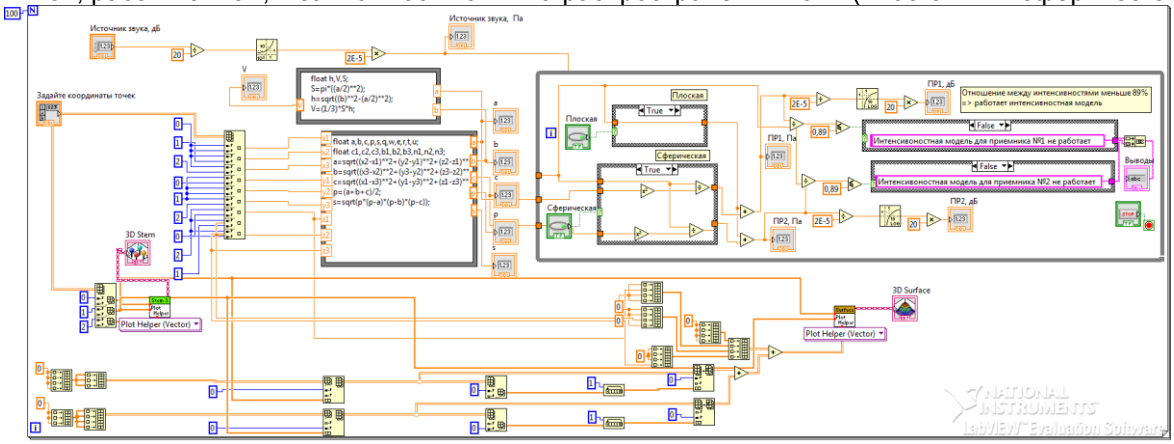



Рисунок 4 – Блок-диаграмма программы границ применимости трех моделей бинаурального восприятия

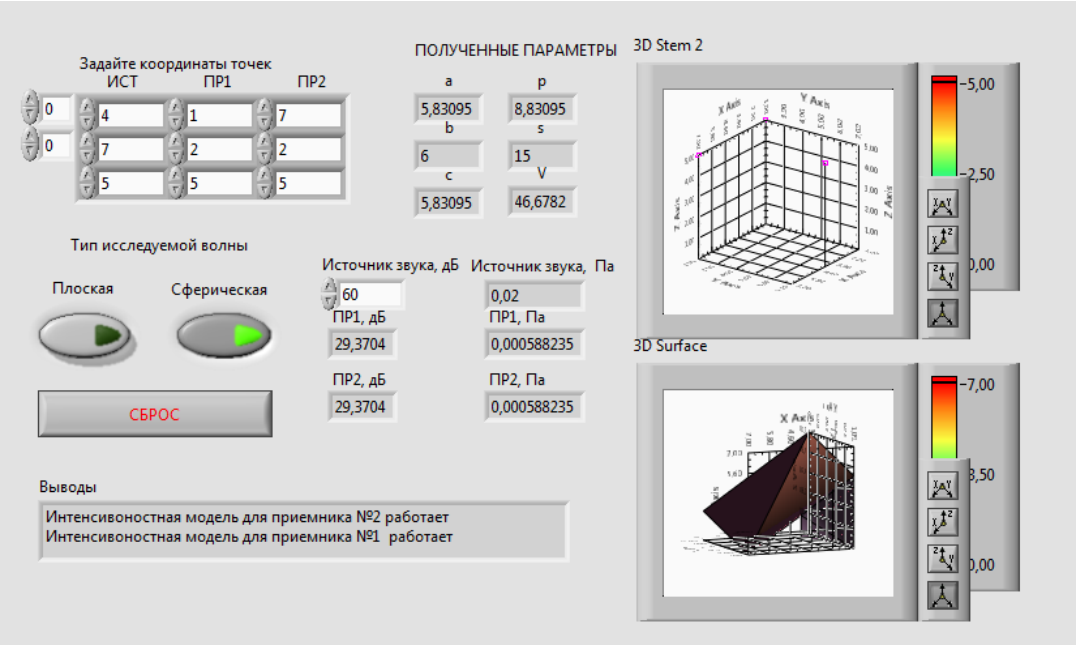



Рисунок 5 – Моделирование интенсивностной модели бинаурального восприятия

По итогам проведенных результатов получены следующие результаты: интенсивностная модель бинаурального восприятия работает при разностной интенсивности в 11%; при увеличении уровня сигнала значительно снижался уровень посторонних шумов, а при демаскировании сигнала порог слышимости снижался на 3 дБ.

**Внедрение и его перспективы**

Направления дальнейших исследований: с помощью разработанной модели можно определить существование «мёртвых зон», в которых бинауральное восприятие сигнала ухудшается и определить на какой высоте при определенных условиях бинауральное восприятие пропадает.

**Список литературы**

[1]. http://www.ni.com/data-acquisition/ – раздел на сайте National Instruments
[2]. Сапожков М.А. Электроакустика: Учебник для вузов. (Москва: Издательство «Связь», 1978)

**MODELING FEATURES OF BINAURAL HEARING AND INVESTIGATION OF THE CHARACTERISTICS OF THE SPEECH SIGNAL WITH BINAURAL PERCEPTION IN LAB VIEW DEVELOPMENT ENVIRONMENT.**

N.M. Zaminalov[1], E.A. Mamchenko[1], E.M. Cheredanova[1], A.A. Ushakova[1], S.V. Dolgikh [1], P.A. Krivozubov[2]

1. Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia
*2. National Instruments,Russia, Moscow,*

*The article presents a study of three models of binaural perception, performance and telltale signs when binaural perception of speech, as well as simulated features binaural hearing through the use of LabVIEW 2014 development language National Instrument company.*

*Keywords: binaural perception, unmasking, speech, hearing threshold.*

# МОДЕЛЬ ДЕЛЬТА-СИГМА МОДУЛЯТОРА НА БАЗЕ ПРОГРАММЫ LabVIEW

*З.А. Азмайпарашвили, Ю. Ш. Модебадзе, Г.Г. Мурджикнели*

*Грузинский технический университет, Грузия. Тбилиси*

*В статье рассматривается модель дельта-сигма модулятора, созданное на базе программной среде LabVIEW. Програмная модель составлена по структурной схеме дельта-сигма модулятора и проверена на примере сигнала прямоугольной формы.Приведены блок-диаграмма и лецевая панель виртуального прибора*

*Ключевые слова: цифровой сигнал, дельта-сигма, моделирование, кодирование, предсказание, квантование, дискретизация, сумматор, ограничитель, дешифратор, LabVIEW*

## 1. Постановка задачи

При разработке теоретических вопросов конечной целью является их практическая реализация в виде приборов и устройств. Все это связано с определенными трудностями, которые вызывают большие материальные и временные затраты. Исходя из вышесказанного, целесообразно, создать соответствующий виртуальный прибор на компютере.

## 2. Использованный метод и программное обеспечениес дельта-сигма модулятора

Использованный в данной работе дельта-сигма (ДС) модуляционный метод обработки цифровых сигналов является малошумящим способом преобразования цифровых сигналов. Его моделирование выполняем с помощью программы LabVIEW, в результате чего получается виртуальный прибор.

## 3. Описание работы

Для сокращения избыточности обрабатываемой информации в низкочастотных сигналах применяют различные способы[1,2]. Одним из них является дельта-сигма модуляция, где для повышения коррелированности, по сравнению с дельта-модулятором, входной сигнал пропускают через интегратор. Структурная схема дельта-сигма модулятора показана на рис. 1, которая состоит из двух интеграторов, вычитателя, определителя знака, схемы присваивания знака, схемы задержки сигнала. Они выполняют следующие функции:

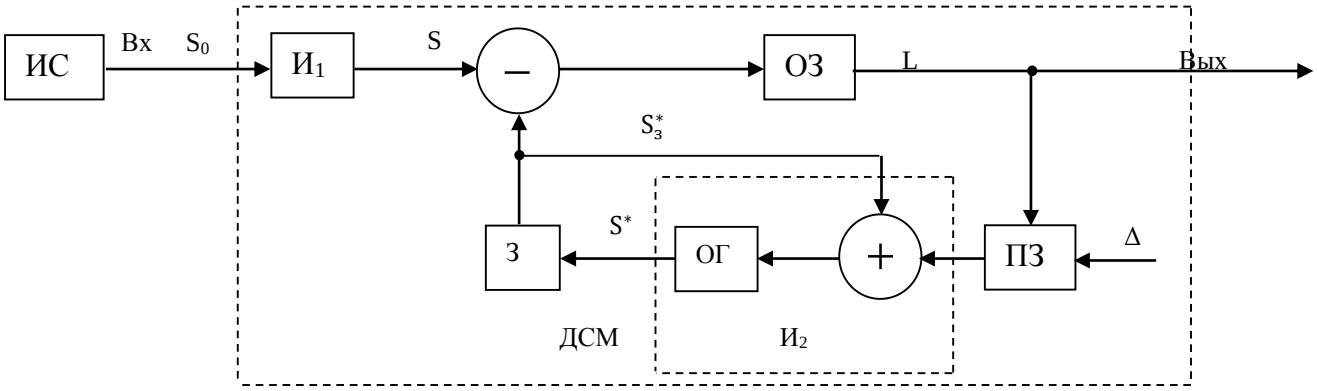



Рис. 1. Структурная схема дельта-сигма модулятора

а) Интегратор ($И_1$), включенный на входе модулятора интегрирует входной сигнал $S_0$;

б) В вычитателе $(-)$ из входного квантованного (S) сигнала вычитается восстановленный задержанный квантованный $S_з^*$ сигнал. в результате на выходе вычитателя получаем разностный сигнал;

в) В определителе знака (ОЗ) определяется знак разностного сигнала и на его выходе получается одноразрядный соответствующий знаку сигнал L;

г) Схема присваивания знака (ПЗ) присваивает положительный или оттрицательный знак шагу квантования Δ=d восстановленному сигналу;

д) Интегратор (И2) состоит из сумматора (+) и ограничителя (ОГ). В сумматоре (+) выходной сигнал суммируется с шагом квантования по тактам; В ограничителе (ОГ) происходит формирование восстановленного сигнала ($S^*$), полученного на выходе сумматора, т.е. нижние и верхние значения диапазона этого сигнала должны быть уменьшены до нижнего и верхнего значений входного сигнала;

е) В схеме задержки (З) происходит задержка восстановленного S* сигнала на один такт ($S_з^*$).

На основании вышеизложенного составлена программа виртуального прибора. На рис. 2, показана блок-диаграмма, а на рис. 3 показана лицевая панель созданного виртуального прибора (ВП).

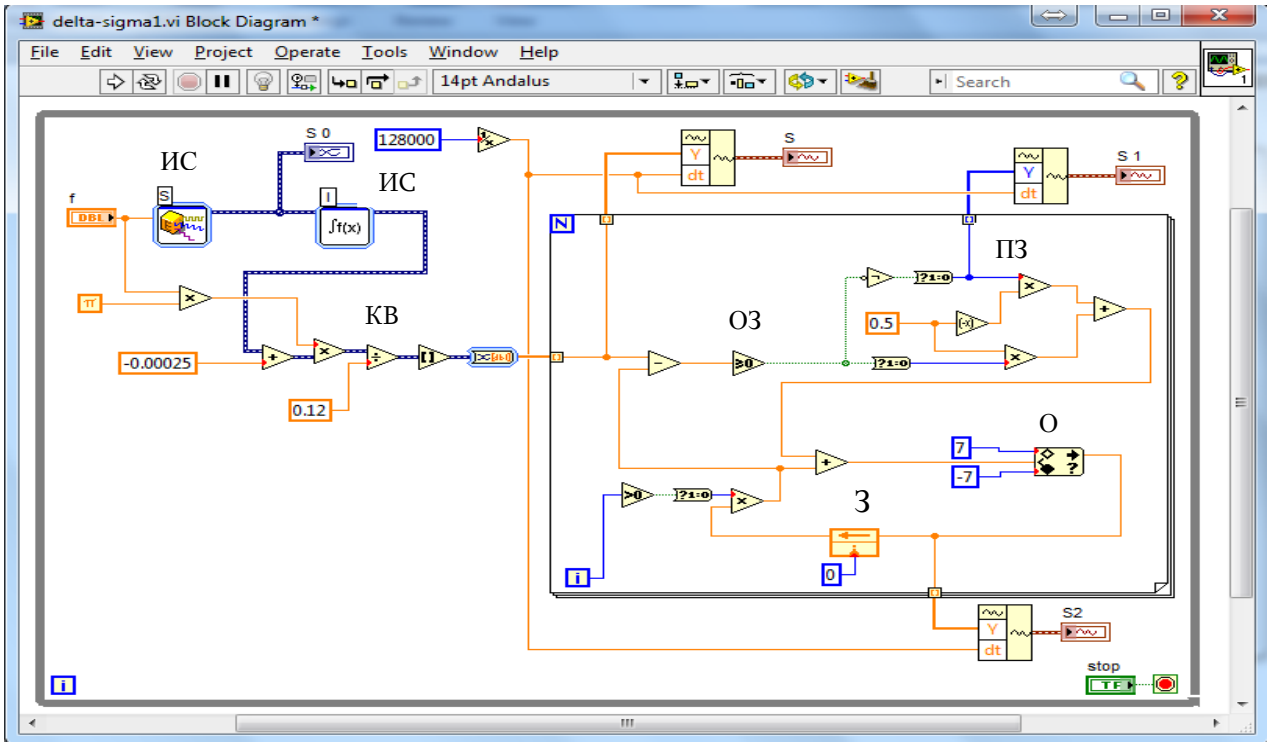



Рис. 2. Блок-диаграмма ВП

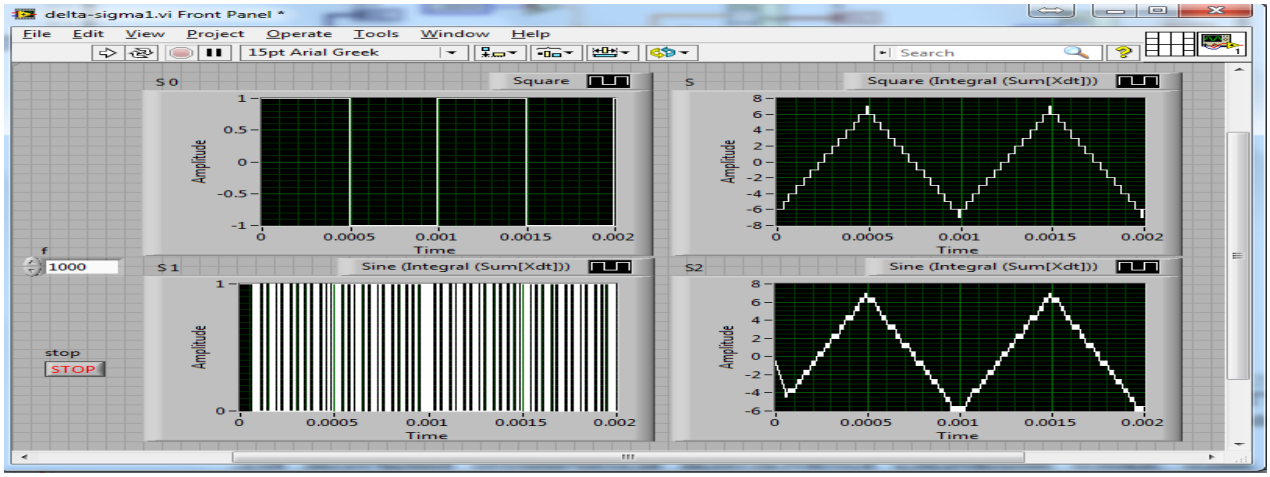



Рис. 3. Лицевая панель ВП

Программа состоит [3,4] из цикла (while loolp) и помещенных в ней следующих блоков: источника синусоидального сигнала (Simulate Sig); интегратора $И_1$ (Time Domain); квантователя КВ, который состоить из трехвходового (Compound Aritmethic) и двухвходового (multiplau) умножителей, делителя (Divide), округлителя (Round to nearest), преобразователя динамического сигнала в одномерный массив (Convert from dynamics data) и цикла (For loop). В цикле For loop помещены: вычитатель (Subtracts); определитель знака, реализованный программым обозначением «больше» и «равно» (Jreater or equal to O?); присваиватель знака, который реализован двумя двухвходовым умножителем, двухвходовым сумматором (Add), инвертором (Not), двумя преобразователями логического уровня в число (Boolean to 0,1), программыми обозначениями: изменения знака (negative), превышения нуля (Jreater than 0?); сумматора; ограничителя, реализованный программым обозначением ограничения диапазона (In ranger and coerce) и программного обозначения задержки (Feedback node).

Кроме того, для записи постоянных величин, используются программные обозначения: π (π); шести записи постоянных чисел (No description available); обратного числа (Reciprocal); три показа двумерного массива на экране осциллографа (Puild wfveform) и три осциллографа (Waveform graphs).

Передняя панель виртуального прибора состоит: из программного обозначения получения обратного числа (No description); три осциллографа и одного прерывателя программы (Stop).

При составлении программы соединение перечисленных устройств происходит по структурной схеме дельта-сигма модулятора.

**4. Внедрение и его перспективы**

Выполненную работу можно внедрить при обработке цифровых сигналов малой скорости. Ее можно использовать также в учебном процессе студентов, обучающихся на факультетах Информатики и систем управления и Энергетики и телекоммуникаций Грузинского технического университета.

В дальнейшем предполагается также моделирование и других методов кодирования цифровых сигналов.

**5. Список литературы**


[1]. Волович. Г. И. Схемотехника аналоговых и аналого-цифровых электронных устройств. 3-е изд. М.: Додэка-XXI, 2011. — 528 с.

[2]. Махлин Александр. Дельта-сигма модуляция: назад в будущее. http://www.kite.ru/artikles/circuit/2010_ 11_154.php.

[3]. Бутырин П.А., Васьковская Т. А., Каратаева В.В., Материкин С.В., Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 (30 лекций), М.: ДМК Пресс, 2005. 264 с.

[4]. Джеффри Тревис, LabVIEW для всех, Перевод Клушина Н. А. Под редакцией Шаркова В. В., Гурьева В. А., «ПриборКомплект» Москва 2005, 536 с.


**DELTA-SIGMA MODULATOR MODEL BASED ON LabVIEW SOFTWARE**


Z.A. Azmaiparashvili, J.S. Modebadze, G.G. Murjikneli

*Georgian Technical University, Tbilisi,Georgia*



*In this article considered the model of the delta-sigma modulator, created on the basis of LabVIEW programming environment. Software model drawn up by the block diagram of a delta-sigma modulator and verified by the example of a rectangular waveform. A block diagram and a front panel of the virtual instrument are shown.*



*Keywords: digital signal delta-sigma, modeling, coding, prediction, quantization, sampling, adder, limiter, decoder, LabVIEW*

# НАСТРОЙЩИК ПИД РЕГУЛЯТОРА С ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ

В.А. Александров[1], П.А. Ливаткин[2]

*1. ООО «Адаплаб», г. Москва,*
*2. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва*

*В статье описан модуль настройки коэффициентов ПИД регулятора из PID and Fuzzy Logic Toolkit. Расчёт коэффициентов ПИД регулятора производиться по идентифицированным параметрам модели объекта управления. Используется метод конечно-частотной идентификации, отличающийся малой амплитудой тестового сигнала даже при наличии неизмеряемых возмущений, что позволяет проводить настройку, не прерывая технологический процесс. Настройка может производиться как в разомкнутой, так и в замкнутой системе.*

*Ключевые слова: ПИД регулятор, идентификация объекта управления, настройка ПИД регулятора, самонастройка*

## 1. Постановка задачи

В функции ПИД регулятора из библиотеки PID and Fuzzy Logic Toolkit [3] реализована функция:

$$u(t) = K_c(e + \frac{1}{T_i}\int_0^t edt + T_d\frac{de}{dt}) \quad (1)$$

где *u* – управление (выход регулятора), *e=SP-PV* – величина ошибки (разность уставки и измеряемого выхода объекта управления), $K_c$, $T_i$ и $T_d$ – коэффициенты ПИД регулятора, которые надо задать.

Задача описываемой функции (VI) Настройщика – рассчитать эти коэффициенты. Алгоритм Настройщика основан на методе конечно-частотной идентификации [1], [2]. Функция Настройщика формирует тестовый сигнал, который необходимо:
а) добавить к уставке в случае настройки в замкнутой системе с работающим ПИД регулятором или
б) добавить к сигналу управления в случае настройки в разомкнутой системе с ручным управлением.
Пример включения функции Настройщика показан на рисунке 1.

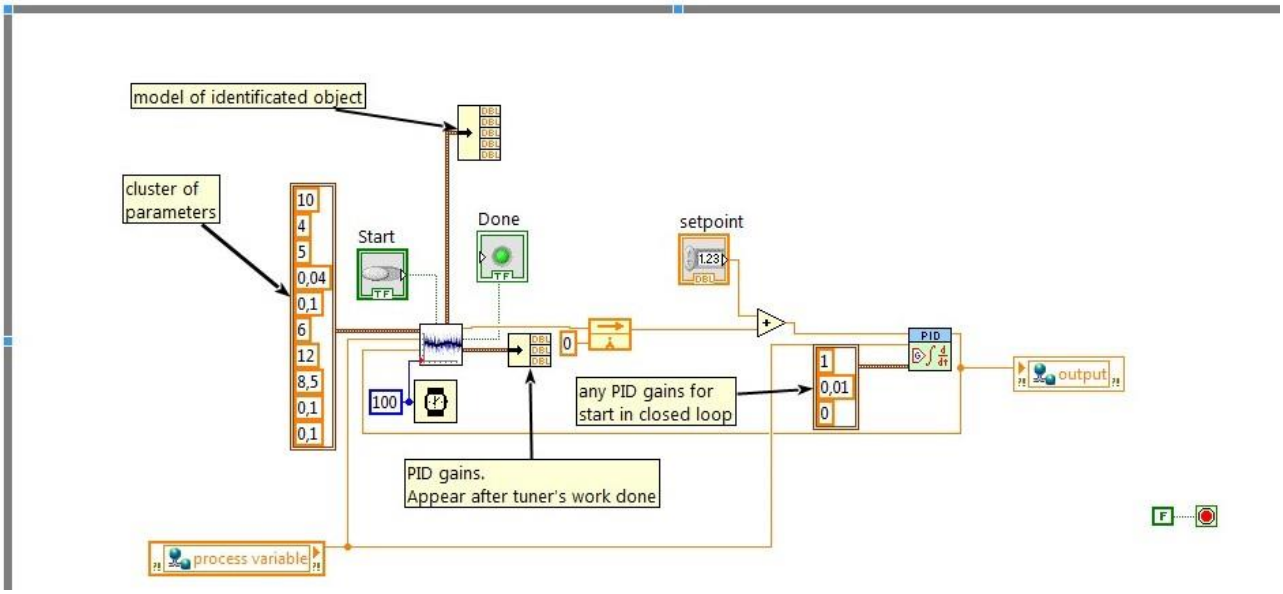



Рис.1. Соединение Настройщик VI и PID VI.

По полученным в течение тестирования данным входа управления и измеряемого выхода объекта идентифицируется линеаризованная модель второго порядка с передаточной функцией:

$$W(s) = \frac{k_1 \cdot s + k_0}{d_2 \cdot s^2 + d_1 \cdot s + 1} \quad (2)$$

По идентифицированным параметрам *k* и *d* модели (2) вычисляются коэффициенты ПИД регулятора (1) с учётом необходимого запаса устойчивости и желаемого времени регулирования.

В предлагаемой версии функции Настройщика предполагается, что объекта управления устойчивый. Версии для неустойчивых объектов и объектов с интегратором разрабатываются, но в этих случаях тестирование может проводиться только в замкнутой системе с предварительно заданным регулятором, обеспечивающим устойчивость системы.

Необходимо учитывать, что идентификация проводится в некотором режиме (уровень сигнала управления, значения других параметров), для которого находятся значения параметров модели (2) и вычисляются коэффициенты регулятора (1). Если объект управления многорежимный, то есть параметры модели (2) в при разных условиях могут существенно отличаться, то необходимо запустить Настройщик и провести тестирование во всех режимах и из полученных значений коэффициентов ПИД регулятора составить таблицу, и, возможно, использовать функцию Gain Scheduling из библиотеки PID and Fuzzy Logic Toolkit. Если заранее это сделать невозможно, например, в случае изменения параметров в зависимости от партии сырья, то необходимо проводить настройку каждый раз в начале нового режима.

Модель вида (2) включает в себя варианты:

1) Инерционное звено первого порядка

$$W(s) = \frac{k_0}{T_1 \cdot s + 1} \tag{3}$$

В этом случае результатом настройки будет ПИ регулятор ($T_d$=0).

2) Инерционное звено второго порядка

$$W(s) = \frac{k_0}{(T_1 \cdot s + 1)(T_2 \cdot s + 1)} \tag{4}$$

3) Колебательное звено

$$W(s) = \frac{k_0}{T^2 \cdot s^2 + 2T\varsigma \cdot s + 1} \tag{5}$$

4) Инерционное звено с запаздыванием

$$W(s) = \frac{k_0}{T \cdot s + 1} e^{-\tau s} \approx \frac{k_0(-\frac{\tau}{2}s + 1)}{(T \cdot s + 1)(\frac{\tau}{2}s + 1)} \tag{6}$$

**2. Входные параметры Настройщика**

Функция Настройщика должна запускаться в том же цикле, что и ПИД регулятор. Длительность цикла должна быть задана. После запуска Настройщик формирует тестовый сигнал в виде последовательности синусоид разных частот

$$u_{test}(t) = \rho \cdot \sin(\omega_i t) \tag{7}$$

На каждом цикле в Настройщик должны поступать текущие значения входа управления и измеряемого выхода объекта. На рисунке 2 показан пример графиков входа и выхода объекта во время тестирования.

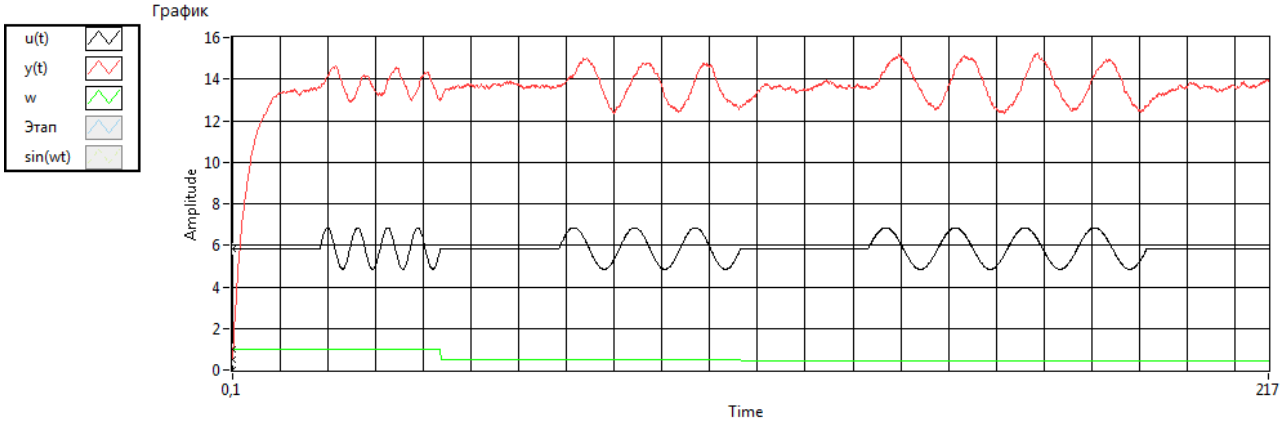



Рис.2. Тестовый сигнал на входе объекта и реакция на выходе.

Исходя из знания технологического процесса, которым будет управлять настраиваемый ПИД регулятор необходимо задать Настройщику два значения:

1) Примерное значение наибольшей постоянной времени объекта управления. Не обязательно знать точное значение, так как отличие введённого значения от истинного в 2-3 раза почти не повлияет на работу Настройщика. Надо учитывать, что это значение определяет начальную частоту $\omega_1$ тестового сигнала (7). Если значение будет слишком большим, то время настройки также может быть большим. Если значение будет слишком мало, то во-первых, входной тестовый сигнал высокой частоты может не дать заметного отклика на измеряемом выходе объекта, а во-вторых, тестовая частота формируется так, чтобы её период был не меньше, чем 20 шагов дискретизации, то есть подразумевается, что значение наибольшей постоянной времени объекта управления хотя бы в 7 раз больше, чем цикл ПИД регулятора.

2) Амплитуда тестового сигнала $\rho$. Это значение может существенно различаться для работы Настройщика в замкнутой и разомкнутой системе.

А) В замкнутой системе, когда уже работает какой-то регулятор, тестовый сигнал добавляется к уставке. Тогда легко определить величину тестового сигнала как, например, 3% от размера уставки (если уставка не равна 0). И в этом случае амплитуда тестового сигнала задаётся в той же размерности, что и уставка.

Б) В разомкнутой системе управление, обеспечивающее выход системы на рабочую точку, задаётся вручную, и тестовый сигнал добавляется к сигналу управления и задаётся в единицах сигнала управления. В этом случае надо задать такое значение амплитуды тестового сигнала, чтобы с одной стороны он был достаточно большой и обеспечивал отклик на выходе объекта с амплитудой не менее, чем в 10 раз больше шага квантования измерения выхода объекта, а с другой стороны, был не слишком большой, чтобы не выходить за пределы рабочего режима.

Особенность применяемого метода идентификации в том, что нет требования, чтобы уровень тестового сигнала был выше уровня неизмеряемых внешних возмущений и помех. Поэтому его можно использовать, не прерывая технологический процесс. Но следует учитывать, что при наличии возмущений и помех и малой амплитуде тестового сигнала увеличивается время фильтрации и соответственно длительность процедуры идентификации.

Остальные параметры – допустимая относительная ошибка фильтрации, разрешённый диапазон отклонения измеряемого выхода от уставки при подаче испытательного сигнала, шаг квантования по уровню измеряемого выхода – можно не задавать и использовать значения, присвоенные по умолчанию.

Кроме параметров для процедуры идентификации, есть параметр, определяющий настройку коэффициентов ПИД регулятора – желаемое время регулирования в замкнутой системе. От этого значения зависит быстродействие полученного ПИД регулятора. Следует учитывать, что выбор слишком малого значения может привести к резким скачкам сигнала управления при изменении уставки или отклонениях измеряемого выхода под воздействием возмущений. Если сигнал управления будет достигать предельных значений исполнительного механизма, то это желаемое время регулирования все равно не может быть выполнено. Кроме того, если идентифицирован объект с запаздыванием вида (6) или из-за другой физической природы в передаточной функции (2) коэффициент $k_1$ получился отрицательным при положительном значении $k_0$, то расчёт коэффициентов ПИД регулятора (1) производится с учётом необходимого запаса устойчивости, и если для заданного желаемого времени регулирования требование запаса устойчивости не выполняется, то время регулирования при полученных коэффициентах ПИД регулятора будет больше, но необходимый запас устойчивости будет обеспечен.

Предусмотрена также возможность синтезировать ПИ регулятор. В этом случае на основе идентифицированной модели (2) вычисляются только коэффициенты $K_c$ и $T_i$, а $T_d = 0$.

**3. Выходные значения**

После запуска при каждом вызове функции формируется текущее значение тестового сигнала (7). По окончании идентификации и настройки выдаются значения:

1) параметров идентифицированной линеаризованной модели (2);
2) настроенных коэффициентов ПИД регулятора (1);
3) кода ошибки, если по полученным данным коэффициенты ПИД регулятора не вычислены.

**4. Перспективы**

На базе описанных алгоритмов разрабатывается Самонастраивающийся ПИД регулятор, где будут объединены Настройщик и несколько вариантов ПИД регулятора нашей разработки.

**5. Список литературы**

[1]. Александров А.Г. Частотное адаптивное управление устойчивым объектом при неизвестном ограниченном возмущении // Автоматика и телемеханика. – 2000. – № 4. – С. 106-116.

[2]. Alexandrov A.G., Palenov M.V. Self-tuning PID-I controller // Preprints of the 18th IFAC World Congress. Milano, Italy. 2011, pp.3635-3640

[3]. LabVIEW. PID and Fuzzy Logic Toolkit User Manual. 2009. National Instruments.

## PID TUNER BY CONTROL OBJECT IDENTIFICATION

V.A. Alexandrov[1], P.A. Livatkin[2]

*1. Adaplab LLC, Moscow, Russia*
*2. V.A. Trapeznikov Institute of Control Sciences of Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*Tuner VI for coefficients of PID controller from PID and Fuzzy Logic Toolkit is described in the paper. PID controller coefficients are calculated based on identified parameters of the control object model. Finite-frequency identification method is used. Distinctive feature of this method is noninvasive test signal with small amplitude that allows to test the system during process in spite of unknown disturbances. The tuner can operate both closed loop and open loop system.*

*Keywords: PID controller, control object identification, PID tuning, self-tuning*

# НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ОДНОГО СПОСОБА РЕГИСТРАЦИИ НАНОТОЛЩИН

М.Г.Азарян[1], А.Э.Меликсетян[2]

*1.Радиофизический факультет, Кафедра физики полупроводников и микроэлектроники, ЕГУ, Армения, Ереван*
*2. НПУА Факультет Кибернетики, Кафедра Автоматизации и управления Армения, Ереван*

*В статье рассматривается экспериментальное исследование достаточно очевидного способа регистрации субмикронных толщин, реализованное в лабораторных условиях. Описаны как сам способ, так и исследовательский комплекс для этих работ. Отмечены особенности применения WEB-камерной регистрации информативного сигнала. Приведено обсуждение полученных на начальном этапе результатов.*

*Ключевые слова: наномасштабные, сообщающиеся сосуды, исследовательский комплекс, LabVIEW, виртуальный измерительный стенд vi.Metering.*

## 1.Постановка задачи

В век нанотехнологий, вполне обоснован поиск разнообразных решений научно-технической задачи по измерению наномасштабных толщин. Имеется достаточно большой набор способов и устройств, позволяющих разрешить задачу регистрации нанотолщин [1]. По всей видимости, наиболее совершенные и отработанные технические решения, предоставляющие возможность измерять и наномасштабные толщины, используются в конструкциях современных зондовых микроскопов (ЗМ). Необходимо отметить, что, даже в бесконтактном режиме работы сенсоров ЗМ, взаимодействовать кончик зонда с ПИО начинает с расстояния не больше десятка нанометров. Ввиду этого, возникает, помимо прочего, такая дополнительная техническая задача, как пространственный безударный “ввод” кончика зонда в наномсштабную «рабочую зону» у ПИО**.**

## 2.Предлагаемое решение

Ниже приводится описание идеологии контактного способа, принципиально допускающего регистрацию толщин с наномасштабной точностью в широком динамическом диапазоне измеряемых перепадов высот, в виду чего отпадает необходимость в отмеченной системе осторожного подвода. Воспользуемся, выражением для объема (V) жидкости (или газа) цилиндрического сосуда $V=1/4\pi D^2 H$ (где D – диаметр, а H – высота сосуда). Пусть имеются два сообщающихся цилиндрических сосуда – стеклянная трубка с внутренним диаметром d и цилиндр с диаметром поршня D. Изображение (рис.1) иллюстрирует взаимосвязь границы уровня жидкости в трубке (высота h) с вертикальным местоположением подвижного дна (поршня) в цилиндре (высота H)

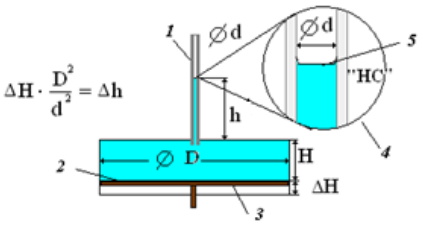



Рис.1. 1 – стеклянная трубка с внутренним диаметром d,2 – рабочий объем,3 – вертикально подвижное дно, 4 – “сцена наблюдений”, 5 – контролируемый уровень жидкости.

Из учета того, что весь вытесненный поршнем объем жидкости $1/4\pi D^2\Delta H$ "должен" поместиться в трубке можно записать

$$\Delta h = \left(\frac{D}{d}\right)^2 \cdot \Delta H \qquad (1)$$

Из приведенного соотношения следует, что коэффициент трансформации ΔH в Δh ($K^{cc}_{tr}$) задается квадратом отношения D/d, а его величина принципиально ограничивается лишь, практически приемлемыми габаритными размерами конструкции предлагаемого преобразователя (сообщающиеся сосуды). Габариты конструкции даже с D=100мм и H=1мм вполне приемлемы, и, следовательно, и в лабораторных условиях можно попытаться разработать техническое устройство, реализующее выше описанную идею.

## 3.Экспериментальная техника, результаты исследований и обсуждение способа

Для экспериментальных исследований реализуемости описанного способа и выявления особенностей его функционирования был создан исследовательский комплекс, образованный

операционным стендом, компьютером и, разработанным в LabVIEW11, виртуальным измерительным стендом (vi.Metering). В vi.Metering предусмотрена возможность моделирования, что позволяло, выявляя отклонение регистрируемой закономерности преобразования ИУ от расчетного, совершенствованием конструкции рабочего объема продвигаться в задаче достижения предсказываемых (1) величин преобразования.

Было спроектировано и создано несколько вариантов исполнительных узлов (ИУ), реализующих способ – варьируемый (только высотой H) рабочий объем диаметра D, сообщающийся с регистрируюшим обьемом (стеклянная трубка с внутренним диаметром d). Для регистрации позиции h уровня жидкости использовалась WEB-камера. Помимо возможности визуально контролировать процесс формирования на удобной для измерений НС (с размерами в несколько см), в этом случае можно воспользоваться и таким мощным аппаратом обработки данных, как Vision and Motion.[3]

Детальному описанию процесса измерений поможет схема (рис.2).

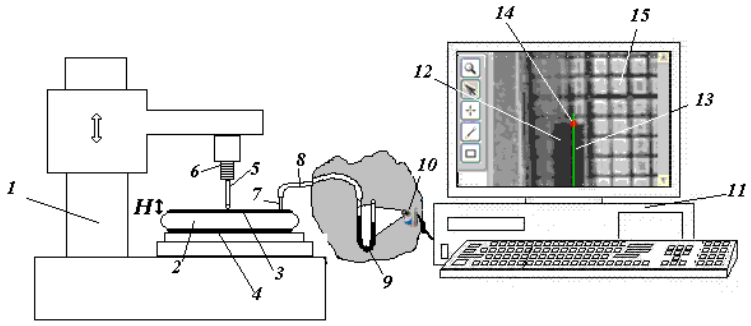



Рис.2. 1 - операционный стенд, 2 – рабочий объем, 3 – верхняя подвижная плоскость рабочего объема,4 –нижняя плоскость рабочего объема, 5 - шток, 6 - пьезопакет пьезоинициатора,7 - выходной патрубок, 8 – эластичный шланг связи, 9 – стеклянная трубка наблюдений, 10 – WEB-камера, 11– компьютер. НС содержит 12 - перемещаемый столбик жидкости,13 – неподвижная линия ROI, 14 – контрольная метка Θ уровня, 15 - наблюдаемая миллиметровка.

Операционный стенд 1 реализован на основе остова инструментального микроскопа. На координатном столе микроскопа зафиксирован рабочий объем 2, сформированный из двух секций резинового гофра круглого сечения, торцами которого выступают герметично приклеенные жесткие диски 3 и 4. С внешней стороны к верхнему диску 3 прижимается шток 5, передающий перемещение, создаваемое пьезоинициатором 6, закрепленном на вертикально перемещаемом тубусе. Вмонтированный в 3 патрубок 7, посредством эластичного шланга 8, объединяет рабочий объем с стеклянной U - образной трубочкой 9, некоторая часть объема которой заполнена окрашенной рабочей жидкостью. Принудительное изменение рабочего объема (заполненного воздухом) вертикальным смещением верхнего диска 3 вызывает соответствующее смещение столбика жидкости. Наблюдение перемещений уровня окрашенной жидкости осуществляется WEB-камерой 10. Приведенное на рисунке изображение (на дисплее) “наблюдаемой сцены” демонстрирует способ, с помощью которого перемещение уровня рабочей жидкости трансформируется в количественный формат (размерность мВ). На изображение 12 “накладывается” отрезок 13 линии (вырезки) ROI. В месте пересечения ее с границей жидкости формируется контрольная метка 14, значение координаты (число Θ) которой и есть количественная характеристика перемещения. Совмещая отрезок ROI с изображением одной клетки 15 миллиметровки, можно (дополнительно) калибровать ROI, длина отрезка которого выражена в пикселах. Ниже приведены характерные экспериментальные кривые, вторая из которых отображает предельно достигнутое разрешение уже в этой серии экспериментов (рис.3).

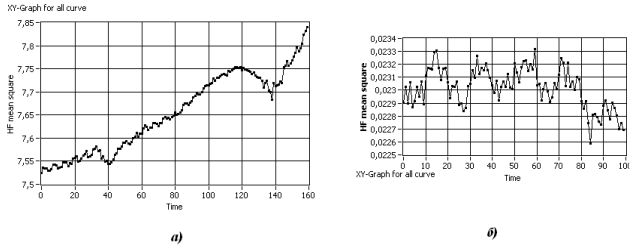



Рис.3.Импульсы на графике а) формировались в результате периодической инициации пространственного смещения в ΔH= 110нм штока, прижатого к верхней поверхности рабочего объема (D/d = 98); б) ΔH=90нм.

Кривые строились из усредняемых (по времени, а после, и по заданному числу отсчетов) учтенных значений уровня Θ(t). В процессе записи кривой, с задаваемой периодичностью на

пьезоинициатор подавалось напряжение, для осуществления необходимого пространственного смещения штока, и, в конечном итоге, подвижки ΔH верхней плоскости рабочего объема. Соответствующие порции изменяющегося объема воздуха вызывали смещения отслеживаемого Θ(t) уровня рабочей жидкости в стеклянной трубке наблюдения, что отражалось на ходе кривой в виде “скачка”.

**4.Обсуждение полученных результатов.**

Ход представленных кривых демонстрирует и проблемы, которые необходимо разрешить. Хорошо выраженный дрейф на а) частично связан с температурой (имеется корреляция характера с ходом температуры, получаемой в параллельном измерении с температурного датчика LM335Z). Природа “ухудшения” проявлений периодических ступенек пока не совсем понятна. Она может быть связана с изменением и смачиваемости, и нестабильностью упругих характеристик материала самого рабочего объема, и отклонениями d, и возможным сужением трубки канала связи. Такое предположение нам кажется оправданным, так как вся сумма площадей поверхностей, поддающихся геометрическому изменению (в том числе и поверхность эластичной трубки связи) учувствует в формировании объема, перемещающего рабочую жидкость в стеклянной трубке наблюдения. Возможной причиной слабовыраженности импульсов при малых ΔH могут быть и субмикронные люфты и нежесткость в конструкции операционного стенда (созданной в лабораторных условиях) что неминуемо должно приводить к нарушению наномасштабной фиксированности упора пьезопозиционеру, а значит и к демпфированию самих наномасштабных подвижок (т.е. реальное смещение поверхности рабочего объема если и есть, то очень мало). Исходя из этого, были проведены дополнительные измерения, в которых ΔL обеспечивалось микрометрическим перемещением. Результаты таких измерений (рис.4), отображенны в виде точек на экране графопостроителя

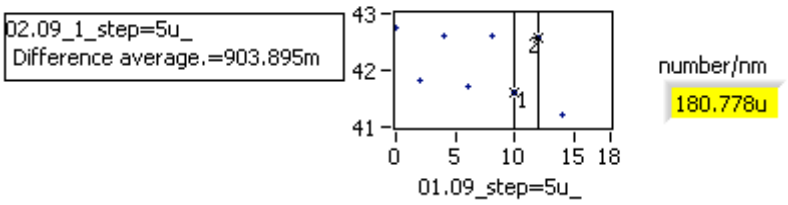



Рис.4. Курсорами выделяются экспериментальные данные, из множества разностей абсолютных значений которых, формируется значение усредненной разности.

Так, как позиции отстояли друг от друга на 5мкм, то, разделив (усредненную по 7-и отобранным точкам) разность ΔΘ = 0,903895 на 5000нм, получим значение ΔΘ = 0,000180778 вызываемое смещением в 1 нм. Заметим, что почти такое же значение демонстрирует и слабо очерченный “скачек” на рис 4(б). На наш взгляд, это обстоятельство подтверждает высказанное предположение. Необходимо отметить, что получаемая в экспериментах величина ΔΘ меньше расчетной. К сожалению, пока не будет найдена причина такого несовпадения, трудно ожидать достижения ожидаемых рекордных показателей.

**5. Список литературы**

[1]. Лич Р.К. Инженерные основы измерений нанометровой точности. – «Интелект»: г. Долгопрудный, 2012.

[2]. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В./Обработка и анализ цифровых изображенийс примерами на LabVIEW IMAQ Vision. – Москва,2008.

**SOME RESULTS OF POSSIBLE PRACTICAL IMPLEMENTATION OF THE NANO THICKNESS REGISTRATION**

*M.G Azaryan[1], A.E Meliksetyan[2].*
*1.EGU, Radio physics Faculty, Department of Semiconductor Physics and Microelectronics of Armenia, Yerevan*
*2. NPUA Department of Cybernetics, Major of Automatic control systems*
*Armenia, Yerevan*

*The article deals with experimental research, quite obvious way of registration submicron thicknesses implemented in laboratory conditions. Described as the process itself, as well as a research center for the work. The features of the application WEB-camera informative signal. Discussion of the results is shown in the initial stage.*
*Keywords: nanoscale, communicating vessels, research facility, the LabVIEW, the virtual test stand vi.Metering.*

# ОБ ОДНОЙ МОДИФИКАЦИИ АЛГОРИТМА A*

Е.Д. Баран, Ж.С. Першина, Н.А. Савицкая

*Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск*

*При построении кратчайшего пути передвижения мобильного робота с использованием картографической модели окружающей среды, содержащей препятствия, широко используется алгоритм A*. Однако алгоритмом A* строит путь, нереализуемый физически. В статье описан способ корректного построения кратчайшего пути, основанный на предварительной обработке картографической модели.*

*Ключевые слова: картографическая модель, мобильный робот, поиск пути, A*.*

## 1. Постановка задачи

Известно множество алгоритмов поиска пути на графе [1], среди которых видное место занимают эвристические алгоритмы. Широко известным алгоритмом, используемым в задачах поиска пути является алгоритм эвристического поиска A* [2], разработанный в 1968 году группой ученых Питером Хартом, Нильсом Нильсоном и Бертраном Рафаэлем.

В палитре функций Path planning модуля LabVIEW Robotics есть функция A Star Plan.vi, реализующая алгоритм A*. Этот алгоритм предполагает построение картографической модели с учетом размеров робота. Однако этот алгоритм и его реализация строит кратчайший путь через диагонально смежные ячейки, даже если соседние с ними ячейки, смежные относительно другой диагонали, заняты препятствиями. На рис. 1а пунктирными окружностями обведены такие фрагменты картографической модели, а на рис. 1б серым цветом выделены ячейки, по которым проходит построенный алгоритмом кратчайший путь.

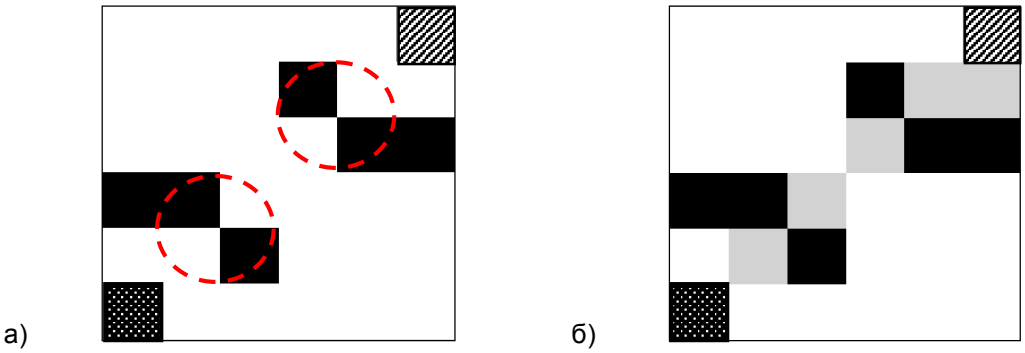



Рис. 1. а) Пример картографической модели; б) Физически нереализуемая траектория

Чтобы предотвратить построение пути по свободным от препятствий, но реально не проходимым диагональным ячейкам предлагается до применения алгоритма A* выполнить предварительную обработку картографической модели.

## 2. Описание картографической модели

Как обычно, исходное пространство подвергается разложению на конечное количество дискретных участков. При этом картографическая модель окружающей среды представляется прямоугольной сеткой с равномерным шагом, каждая клетка сетки является элементарной ячейкой. Размер клетки выбирается с учетом габаритных размеров робота и свойств его исполнительной системы.

Определение положения объектов и их метрических параметров на двумерной сетке предполагает введение начала координат, направления отсчета и размерности среды функционирования. Таким образом формируется базовая система координат.

Создание двумерной картографической модели внешней среды в LabVIEW выполняется с использованием функций подпалитры Occupancy Grid палитры Path Planning.

В результате геометрического разбиения внешней среды получается множество, представляющее собой матрицу элементов, каждый из которых соответствует определенной ячейке (1).

$$V_{m\times n} = \{v_{ij}\}: v_{ij} \in \{0;1\},\ \forall i,j:\ 0 \le i < m,\ 0 \le j < n \qquad (1)$$

где $m$, $n$ – количество элементов по оси абсцисс и ординат соответственно. Элемент $v_{ij}$ является проходимым, если $v_{ij} = 0$, и непроходимым, если $v_{ij} = 1$.

Таким образом, в самом общем случае, внешнюю среду условно можно разбить на следующие непересекающиеся подмножества дискретных участков $Obs$ – множество препятствий (2), $Free$ – свободные от препятствий зоны (3):

$$Obs = \{v_{ij} : v_{ij} = 1\}\ \forall i,j:\ 0 \le i < m,\ 0 \le j < n \qquad (2)$$

$$Free = \{v_{ij} : v_{ij} = 0\}\ \forall i,j:\ 0 \le i < m,\ 0 \le j < n \qquad (3)$$

К препятствиям относятся объекты среды, габариты которых соизмеримы с габаритными размерами робота.

К свободным от препятствий зонам относятся участки, позволяющие перемещение робота в любом направлении на расстояния, равные зоне прямой видимости его сенсорной системы.

Следовательно, задача планирования траектории сводится к определению связей между участками $v_{ij} \in Free$, с использованием, например, алгоритма поиска пути A*.

### 3. Алгоритм предварительной обработки картографической модели

Рассмотрим ситуацию, когда кратчайший путь проходит по свободным от препятствий диагонально смежным ячейкам, например, $v_{ij}$ и $v_{i+1\,j+1}$, при том, что соседние ячейки, смежные по другой диагонали, принадлежат подмножеству препятствий $v_{i+1\,j}, v_{ij+1} \in Obs$. Очевидно, что данная траектория физически не может быть реализована (рис.1. б.). Решением проблемы является исключение из подмножества $Free$ одной из двух свободных смежно диагональных ячеек $v_{ij}$ или $v_{i+1\,j+1}$.

Псевдокод 1. Алгоритм предобработки картографической модели

```
if (v_{i j} ∧ v_{i+1 j+1} = TRUE)
    v_{i j+1} = 1
if (v_{i+1 j} ∧ v_{i j+1} = TRUE)
    v_{i+1 j+1} = 1
```

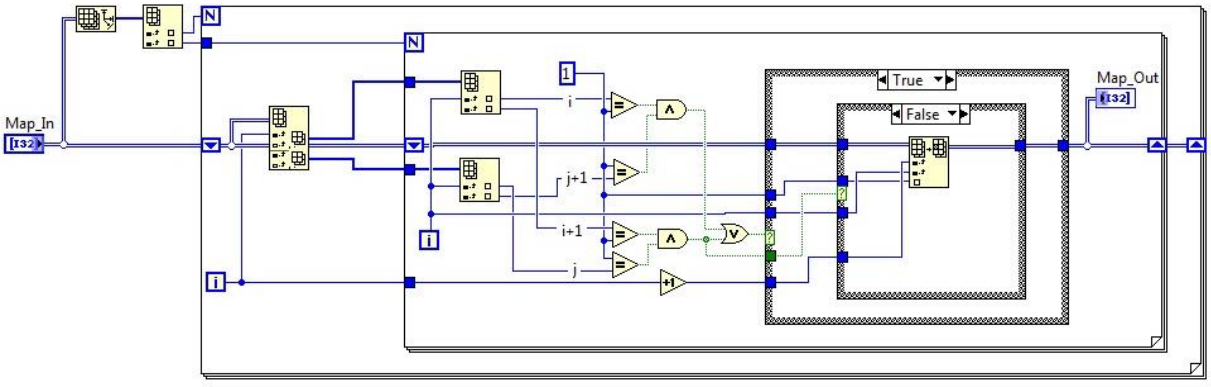



Рис. 2. Блок-диаграмма алгоритма предварительной обработки картографической модели

На рис. 3. а представлен результат работы алгоритма на примере картографической модели, приведенной на рис.1. а.

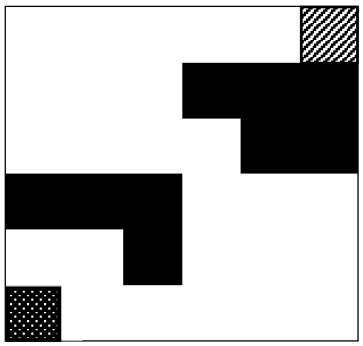
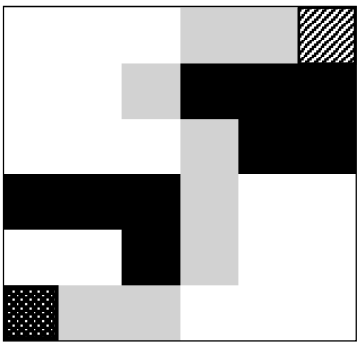
а)  б) 

Рис. 3. а) Пример обработанной картографической модели; б) Физически реализуемая траектория

## 4. Заключение

Предложенный алгоритм предварительной обработки двумерной картографической модели внешней среды МР позволяет исключить ситуации формирования физически не реализуемой траектории движения МР.

## 5. Список используемых источников


[1]. Рассел, Стюарт. Искусственный интеллект: современный подход / С. Рассел, П. Норвиг / М.: Издательский дом «Вильямс». – 2007. – 2-е изд. – 1408 с.

[2]. Нильсон, Нильс. Искусственный интеллект. Методы поиска решений / под ред. С.В.Фомина // М.: Издательство «Мир». – 1973. – 270 с.

[3]. Генерация моделей карт местности для исследования алгоритмов поиска пути мобильного робота / Ж. С. Першина, Е. Д. Баран // Материалы международной научно-практической конференции Робототехника и искусственный интеллект. - Железногорск, Россия, 2011 г.


## ABOUT A MODIFICATION OF THE ALGORITHM A*


E. D. Baran, Z. S. Pershina, N. A. Savitskaya

*NOVOSIBIRSK STATE TECHNICAL UNIVERSITY*
*NOVOSIBIRSK, RUSSIA*



*The algorithm A* is commonly used for building the shortest path of a mobile robot's movement using a map of the environment with obstacles. However, the algorithm A* builds a path which cannot be physically implemented. This article describes the correct method of constructing the shortest path based on the pre-processing of the map.*



*Keywords: map, mobile robot, path finding, A*.*

# ОБРАБОТКА ЭКГ-СИГНАЛОВ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ LABVIEW

А.А. Кабанов, А.И. Щелканов

*Омский Государственный Технический Университет*

*Статья посвящена моделированию и процессам обработки ЭКГ-сигналов. Сформулированы основные предпосылки к созданию системы принятия решения о помощи пациенту на основе автоматизированного анализа полученных данных объективного контроля.*

*Ключевые слова: электрокардиограмма (ЭКГ), мониторинг, вариабельность сердечного ритма (ВСР), сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ)*

## 1. Постановка задачи

Заболевания сердечно-сосудистой системы различной этиологии в настоящее время приобрели доминирующий характер, в силу чего своевременная и репрезентативная диагностика приобретает все большую актуальность.

Одним из наиболее распространённых методов диагностики сердечно-сосудистых заболеваний является электрокардиографический метод исследования, что обусловлено приемлемыми экономическими показателями и практически полной безвредностью для пациента. Электрокардиография предоставляет весьма полезную информацию о состоянии сердечно-сосудистой системы, позволяющую в большинстве практических случаев поставить верный диагноз и назначить достаточно эффективные лечебные процедуры. К сожалению, получение достоверных данных ЭКГ весьма затруднено в условиях нахождения пациента в транспортном средстве, а также при отсутствии квалифицированного кардиолога. Это объяснимо с точки зрения отсутствия пользовательского интерфейса и значительными интеллектуальными и временными затратами на расшифровку и визуализацию полученных данных [1].

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Данная работа была выполнена при помощи программных средств среды программирования LabVIEW 2016, а в частности Biomedical Toolkit [2].

## 3. Описание решения

Структурная схема системы представлена на рис. 1

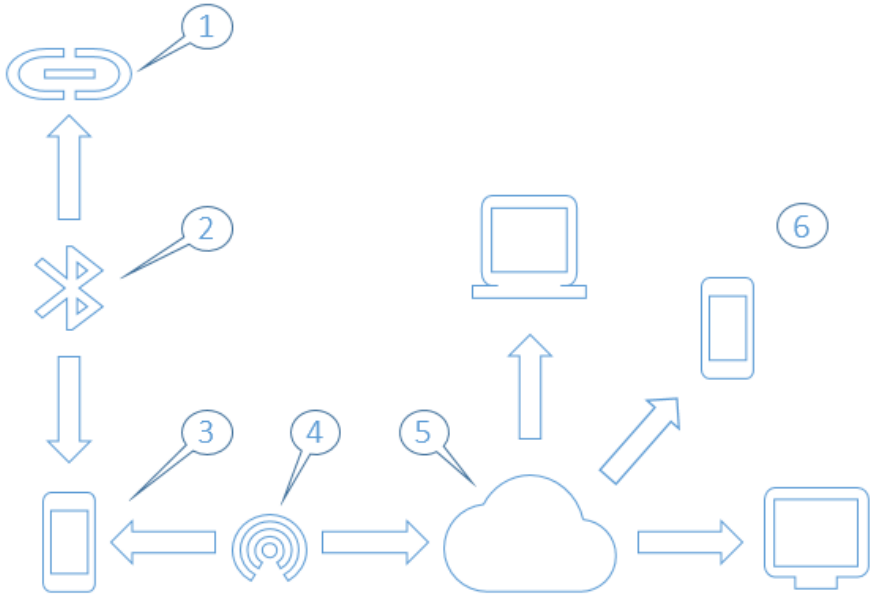



Рис. 1. Структурная схема системы.

На рисунке 1 представлены: 1 – портативный электрокардиограф; 2- канал передачи данных по Bluetooth- протоколу;

3- носимое устройство имеющее доступ к интернету (например, смартфон); 4- передача данных в «облачный сервер» посредством интернет-соединения; 5- «облачное» хранилище данных; 6- устройства, имеющие доступ к «облачному» хранилищу.

Портативный кардиограф производит измерения вариабельности сердечного ритма (ВСР) с последующей передачей данных по Bluetooth- протоколу на носимое устройство, производящее предварительную нормализацию данных с последующей передачей их в «облачное хранилище» посредством интернет-соединения. В «облачном хранилище» происходит окончательная обработка полученных данных с подавлением шумов, масштабированием и привлечением в случае необходимости квалифицированного эксперта.

Моделирование и обработка ЭКГ сигнала осуществляется с помощью Biomedical Toolkit в программной среде LabVIEW [3].

Алгоритм принятия решения об обнаружении нарушения сердечного ритма предполагает выполнение рада операций:

- получение и дискретизация ЭКГ сигнала;
- необходимые операции цифровой обработки, включающие, например, фильтрацию исходного ЭКГ сигнала для удаления нежелательных шумов и помех;
- проведение собственно анализа ЭКГ сигнала, где происходит обнаружение различных видов патологий, в частности, нарушений сердечного ритма.

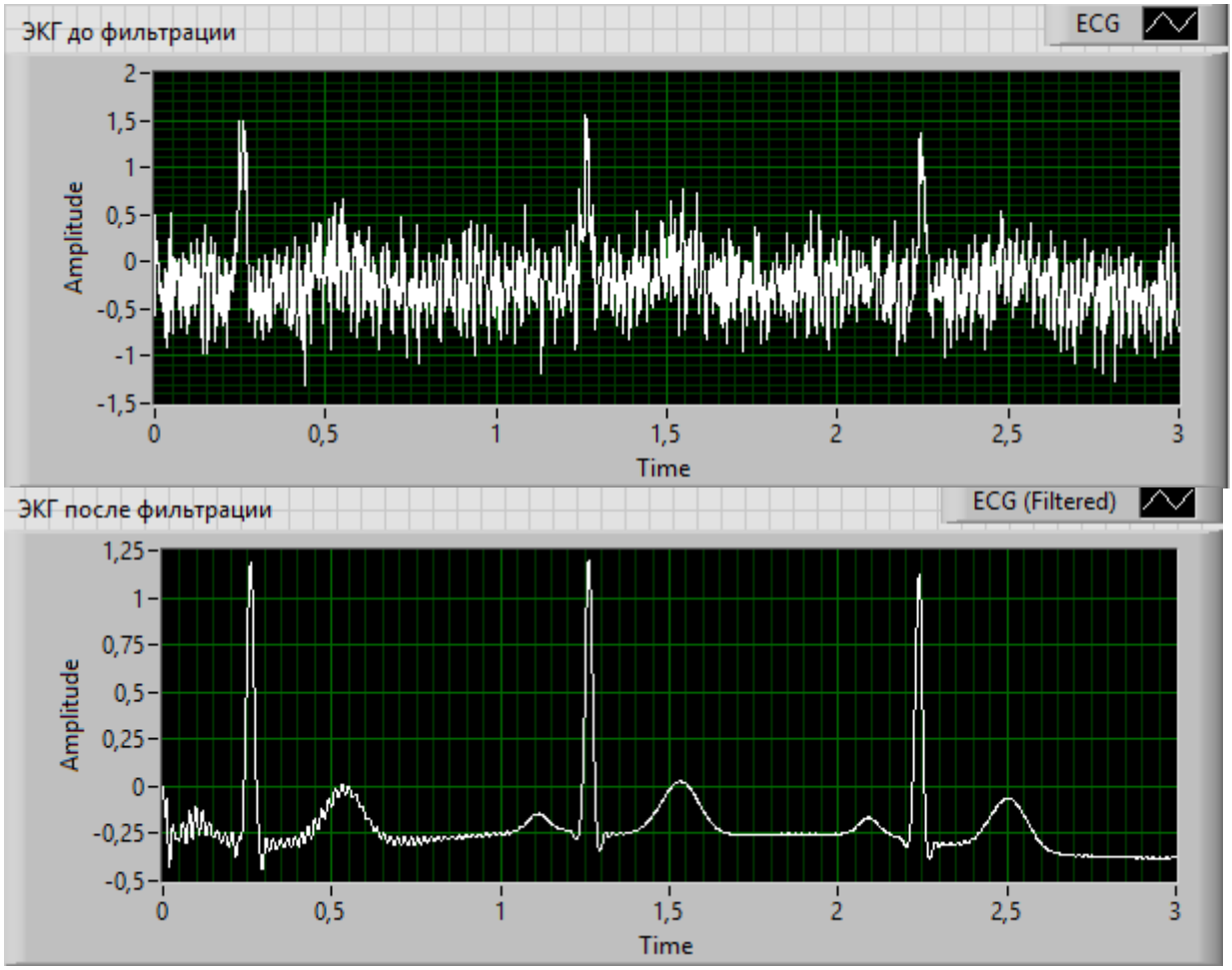



Рис.2. Окно фронтальной панели системы

На рисунке 2 представлены: 1- сигнал ЭКГ до фильтрации; 2- сигнал ЭКГ после фильтрации

На сигнал ЭКГ накладывается множество различных по своему происхождению помех и шумов, преобладающими из которых являются помехи и шумы от импульсных источников питания. Для их моделирования была использована функция Gaussian White Noise [4].

Таким образом, на основе описанных инструментов весьма перспективно создание системы, предполагающей наличие функции обучаемости, что обеспечит расширение номенклатуры математических моделей, соответствующих патологиям ССЗ различной этиологии.

### 4. Список литературы


[1]. Клиническая электрокардиография. Наглядный подход, Голдбергер А.Л. Перевод с англ. Фурменкова Ю.В. / Под ред. А.В. Струтынского. ГЭОТАР-Медиа. 2009. - 328 с.: ил.

[2]. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/211023– раздел на сайте National Instruments

[3]. LabVIEW для радиоинженера от виртуальной модели до реального прибора Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И.- М.: ДМК Пресс. - Москва 2007г. ,400с.

[4]. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW Федосов В.П., Нестеренко А.К.: учеб. Пособие / под ред. В.П. Федосова, - М.: ДМК Пресс.,456с.


**PROCESSING ECG SIGNALS IN LABVIEW**


A.A. Kabanov, A.I. Shelkanov

*Omsk State Technical University*



*The article is devoted to modeling and processing ECG signals. The basic premises for the creation of a system of decision-making about help the patient was makes. This premises based on automated analysis of received data of objective control.*



*Keywords: electrocardiogram (ECG) monitoring, heart rate variability (HRV), cardiovascular disease (CVD)*

# ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОНТУРА УГЛОВОЙ СЕЛЕКТИВНОСТИ ОБЪЕМНЫХ ГОЛОГРАММ

В. А. Коклюшкин[1], А.Е. Ангервакс[2]

*1.* Академический лицей «Физико-техническая школа», г. Санкт-Петербург,
*2. Университет ИТМО,* Санкт-Петербург

*Рассматривается процесс создания автоматизированной системы измерения контура угловой селективности объёмных голограмм, формируемых в фототерморефрактивном стекле. Ширина контура угловой селективности позволяет отнести голограмму к классу объемных, а форма контура дает возможность оценить ее дифракционную эффективность и качество записи. Программное обеспечение для управления поворотным устройством и сохранением оцифрованных данных оптической мощности в дифрагированном пучке написано в среде LabVIEW 2012 Student Edition компании National Instruments. Аппаратная часть включает в себя поворотный столик с шаговым двигателем (Standa) систему регистрации на основе фотодиода (Vishay) и усилителя (Analog Devices). Аналого-цифровое преобразование осуществлялось с использованием микроконтроллера (Atmel).*

*Ключевые слова: LabVIEW, шаговый двигатель, МК AVR, LIFA, угловая селективность, голограмма.*

## 1. Постановка задачи

Процесс создания светочувствительных нелинейных сред, для записи объемных фазовых голограмм на основе модифицированного фототерморефрактивного стекла (ФТР) разработан сотрудниками университета ИТМО (Санкт-Петербург) [1]. Голограммы записываются непрерывным УФ излучением и далее подвергаются термообработке (термопроявлению). В результате голограммы сохраняются длительное время (десятки лет), и в широком диапазоне длин волн носят чисто фазовый характер.Так, в частности, дифракционная эффективность (ДЭ) на длине волны гелий-неонового лазера 633нм достигает 95% процентов, а типичная ширина контура угловой селективности (УС) для голограмм толщиной несколько мм порядка десятка угловых минут [1].

Процесс создания нелинейных сред для формирования в них долгоживущих голограмм является сложной дорогостоящей технологией, которая во многом определяет характеристики записанных в них голограмм. Поэтому мониторирование контуров УС голограмм, записанных в разных условиях, позволяет выбрать оптимальные технологические параметры, определяющие качество и время жизни голограммы. Очевидно, что подобные многократные измерения нуждаются в автоматизации, поэтому создание программно-аппаратного комплекса (ПАК) является актуальной задачей.

Для тестирования ПАК использовалась голограмма, записанная в модифицированном ФТР стекле, с невысокой ДЭ (менее 5% на 650нм) и толщиной порядка 1.5мм, то есть с достаточно широким контуром УС (более градуса). В качестве источника излучения использовался полупроводниковый лазер с длиной волны 650нм (3-5мВт).

Исходя из того, что характеристики голограмм, записанных в модифицированном ФТР стекле, могут варьироваться в широких диапазонах (ДЭ до 95%, ширина контура УС до нескольких градусов), а также из того, что длины волн считывания могут лежать в широком спектральном диапазоне, были сформулированы следующие требования к системе поворота и системе регистрации: поворотное устройство должно обеспечивать угловое разрешение десятки угловых секунд, а система регистрации должна иметь чувствительность к нановаттным сигналам дифракции и обладать минимальным динамическим диапазоном 20дБ.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

В качестве поворотного устройства использовался поворотный столик Standa (модель 8MR190-2-4233, рис.1) с интегрированным биполярным шаговым двигателем (ШД): с нулевым мертвым ходом и угловым разрешением 0.6 минут (36 угловых секунд). Питание обмоток 12В/0.4А.

В качестве контроллера ШД использовался драйвер от компании Амперка. Сам драйвер подключался к плате Arduino UNO через адаптер. Для питания обмоток ШД использовался импульсный источник на 12В/1А. Микроконтроллер платы Arduino UNO ATMega328P имеет встроенный 10 битный АЦП (последовательного типа), и опорное напряжение 5В по умолчанию. Такой АЦП имеет разрешающую способность 5В/1024=4.9мВ, что также определяет его чувствительность. Для надежной регистрации (соотношение минимального сигнала к шуму 10 к 1), минимальный сигнал для оцифровки должен быть 50мВ, а максимальный 5В, для обеспечения требуемого динамического диапазона 20дБ.



Рис.1

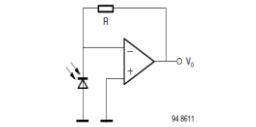



Fig. 21 - Transimpedance Amplifier, Current to Voltage Converter, Short Circuit Mode

$$V_O = - R \times \Phi_e \times S(\lambda) \qquad (4)$$

Рис.2



Рис.3

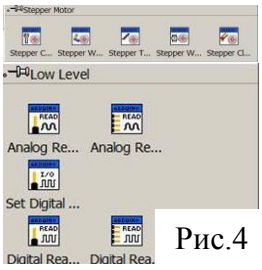



Рис.4

Рис.1 – поворотный столик с ШД (Standa). Угловое разрешение 36” на 1 шаг.
Рис.2 – Стандартная схема включения усилителя (Vishay Semiconductors)
Рис.3 – Фотодиод BPW20RF (Vishay Semiconductors)
Рис.4 – Набор интерфейсов LIFA (National Instruments)

Для считывания голограммы использовался полупроводниковый лазерный модуль, сопоставимый по мощности и близкой длиной волны (650нм), к гелий-неоновому лазеру (3-5мВт, 633нм). Лазерный модуль запитывался стабилизированным напряжением (стабилизатор собран на LM317, принимающий 9В на входе) с возможностью регулировки от 2.3 до 7В на выходе (для подстройки оптической мощности лазера).

Для детектирования слабых сигналов использовался широкоапертурный кремниевый фотодиод (модель BPW20RF, рис.3) фирмы Vishay Semiconductors. Площадь светочувствительной области 7.5 кв. мм, линейность отклика в диапазоне 70дБ, с приемлемой спектральной чувствительностью на длине волны 650нм составляющей 0.6 от максимальной. Широкая апертура удобна при детектировании пучков, не сильно смещающихся по углу в процессе поворота голограммы. Для компенсации смещения пучка по поверхности светочувствительной пластины фотодиода применялась широкоапертурная (диаметр ~10мм) короткофокусная линза (фокусное расстояние ~10мм).

Для усиления слабого сигнала с фотодиода использовался операционный усилитель фирмы Analog Devices AD820ANZ (поддерживающий как однополярное, так и биполярное питание), который, согласно описанию, применяется как для усиления сигналов с фотодиода, так и для подключения к АЦП. Операционный усилитель подключался в трансимпедансном режиме (управляющий параметр - прямой фототок) с отрицательной обратной связью. Схема включения фотодиода стандартная [2], в частности, приводится в руководстве по измерениям, выпущенном компанией Vishay Semiconductors для своих фотодиодов рис.2.

При таком включении усиливаемый сигнал однополярный и, на первый взгляд, имеет смысл использовать однополярное питание самого усилителя (к тому же бортовая шина самой платы Arduino имеет готовые 5В). Но однополярное питание привело к формированию постоянного уровня напряжения на выходе, многократно превышающий фоновый сигнал и чувствительность АЦП (4.9мВ). Однако, согласно описанию на усилитель AD820ANZ, использование биполярного питания позволяет свести к нулю постоянную подставку на выходе. Именно этот вариант питания в итоге и был выбран, а преобразование однополярного напряжения +5В в дифференциальное +15/-15В осуществлялось высокоэффективным DC-DC конвертером. В результате введения в цепь отрицательной обратной связи, резистора 20.4 МОм (4шт, 1% по 5,1 МОм), усилитель выдавал 1В отклика на оптический сигнал мощностью 60нВт (650нм), смоделированный путем ослабления мощности лазерного луча. При этом обеспечивалось 5В на сигнал в 300нВт. Также следует отметить, что на выходе ОУ для сглаживания (фильтрации) обнаруженной слабой переменной составляющей (~35мВ), проходящей на вход АЦП, потребовался конденсатор (0.22мкФ) и резистор 10кОм (для согласования импедансов). При этом уровень постоянной составляющей на выходе схемы усилителя в полной темноте составил 45-50мВ, что допустимо для данных измерений, так как совпадает с уровнем минимального сигнала, заложенным на этапе проектирования (хотя уже и не превышающим шум в 10 раз). Таким образом, собранная система регистрации слабых (и постоянных во времени при данном угле поворота) световых сигналов (до 300нВт) обеспечивает линейный фотоотклик в диапазоне 50мВ..5В (20дБ).

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012 Student Edition [3]. Разработанное ПО состоит из трех модулей:

- Модуль управления шаговым двигателем
- Модуль опроса АЦП микроконтроллера
- Модуль, включающий интерфейс пользователя, сохранение данных в файл, защиту от перезаписи, контроль ошибок.

Для управления ШД и опрашивания АЦП МК на плате Arduino из программы написанной в среде LabVIEW необходимо установить на компьютер пакет драйверов (интерфейсов) LIFA (LabVIEW Interfaces for Arduino, рис.4), а также загрузить скетч в сам МК: LIFA-base.ino.

### 3. Калибровка поворотной системы и проверка линейности системы регистрации

Для проверки системы регистрации (линейности, динамического диапазона), а также углового разрешения поворотной системы, использовалось измерение оптического сигнала, изменяющегося по закону Малюса. На поворотный столик был помещен поляризатор, а сам столик вместе с поляризатором установлен вертикально (рис.5). Поскольку поляризация излучения лазера оказалась эллиптической, то для выделения линейной составляющей был установлен дополнительный поляризатор. В результате детектирования сигнала прошедшего через систему скрещенных поляризаторов, один из которых вращается, был получен график в точности описываемый законом Малюса (когда сигнал меняется по квадрату косинуса угла поворота поляризатора, рис.6).

Рис.5

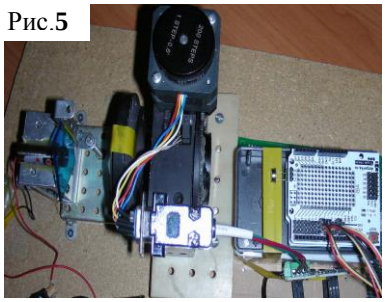


Рис.6

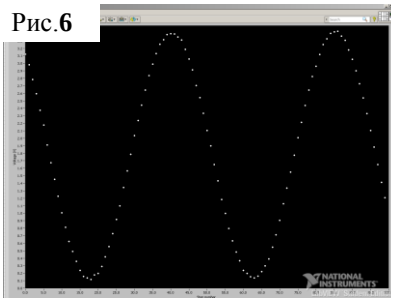


Рис.7

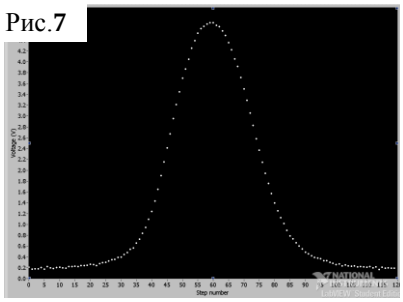


Рис.5 Поворотный столик с поляризатором установлен вертикально
Рис.6 Сигнал меняется по закону Малюса
Рис.7 Контур угловой селективности голограммы в ФТР стекле. Ширина (3дБ) = 1.5°

В результате было установлено, что число шагов ШД между максимумами равное 18000, покрывает угол в 180°. То есть один шаг двигателя равен 0.01°=36”, что в полном соответствии с описанием на поворотный столик (рис.1).

### 4. Описание решения

После калибровки, поворотный столик вместе с ШД был расположен горизонтально, а поляризатор был заменен образцом ФТР стекла с голограммой. В результате была получена портативная установка для измерения контура УС. Далее, поворачивая столик с голограммой, необходимо было найти максимум мощности дифрагированного пучка. При этом аналоговый сигнал после усилителя (на входе АЦП) выводился на экран ПК. Регулируя напряжение питания лазера и, соответственно, оптическую мощность, необходимо было выставить максимальный сигнал дифракции на уровне ~5В. В полностью затемненном помещении и выключенном лазере система регистрации фиксировала 45-50мВ, что и должно было быть для обеспечения динамического диапазона 20дБ. (На рис.7 уровень сигнала на краях контура выше, так как измерения проводились не в полной темноте. В частности была засветка от экрана монтора ПК). Стоит отметить, что возможно и дальнейшее уменьшение темнового фотоотклика системы регистрации (путем заземления неинвертирующего входа ОУ дополнительным резистором аналогичного номинала 20.4 МОм, 1% [2]), так как чувствительность АЦП позволяет регистрировать сигналы начиная с 4.9мВ, но для данного типа измерений уровень фона в 45-50мВ оказался достаточно малым.

### 5. Внедрение и его перспективы

Разработанная система позволяет оперативно (менее минуты) производить измерения контура угловой селективности объемных голограмм в широком диапазоне дифракционных эффективностей на длине волны 650нм с динамическим диапазоном 20дБ. Установка планируется к внедрению в лаборатории спектроскопии кристаллов (университет ИТМО) как полностью удовлетворяющая техническим требованиям, заложенным на этапе проектирования.

Авторы выражают благодарность С. А. Иванову за предоставление фототерморефрактивного стекла с записанной в нем объемной голограммой.

## 6. Список литературы

[1]. С. А. Иванов; А. И. Игнатьев; Н. В. Никоноров; В. А. Асеев. Голографические характеристики модифицированного фототерморефрактивного стекла, *Опт. журнал*, Т. **81**, С. 72-77, (2014).

[2]. П. Хоровиц У. Хилл. Искусство схемотехники т.1, 1986

[3]. Д. Трэвис, Д. Кринг «LabVIEW для всех», Москва, 4-е издание 2011

### AUTOMATED SYSTEM FOR ANGULAR SELECTIVITY MEASUREMENTS OF VOLUME HOLOGRAMS

Vladimir A. Koklyushkin[1], Alexander E. Angervaks[2]

*1. Lyceum "Physical-Technical High School" (PTHS), St. Petersburg, Russia*
*2. ITMO University St. Petersburg, Russia*

*Creation of automated system for measurement of angular selectivity of volume holograms recorded in PTR glass is discussed. The processes of software development, controller programming, calibration and measurement techniques are discussed.*

*Keywords: Labview, stepper motors, MC AVR, LIFA, angular selectivity, hologram*

# ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА ЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ ГРАФИКОВ

*В.Е.Махов, А.И. Потапов*

Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург

*Проведена разработка универсальных алгоритмов оцифровки графических зависимостей в изображении на базе технологий виртуальных приборов National Instruments. Предложен алгоритм построения выборки функциональной зависимости методом обработки изображения и анализа вписанных окружностей в бинарную структуру изображения, позволяющий выделять информационную составляющую и определить оптимальную выборку. Показана возможность определения выборки точностью 1 пикселя.*

*Ключевые слова:* обработка числовых данных, оцифровка графиков, обработка изображений, извлечение информационной составляющей.

**1. Постановка задачи**

В исследованиях часто стоят задачи сбора данных, их представления и анализа. Часто возникает потребность ретроспективного анализа архивных данных, например графических зависимостей, что требует их предварительной оцифровки. Существует отрасли техники, где возникают задачи получения цифровых данных в изображениях, полученных средствами технического зрения. Актуальной задачей является разработка единого подхода для решения такого класса задач в едином программном поле их анализа, обеспечивающего максимально высокую точность.

Известны программные средства оцифровки графиков в изображениях [1]. Программа «GetDataGraphDigitizer» позволяет проводить оцифровку графических зависимостей и диаграмм, «Graph2Digit» оцифровывает графиков, представленных изображениями в форматах «jpg», «bmp», «wmf», «ChartReader» предназначена для получения данных с графиков в полярных или декартовых координатах («jpg», «bmp»). «PostGraphEditor» предназначенная для полуавтоматической оцифровки любых отсканированных графиков. Есть возможность создания программ оцифровки графиков средствами разработки приложений, например "WOLFRAM MATHEMATICA®" [2].

Имеющиеся программные продукты зачастую не удовлетворяет требованиям решаемых задач [1]. Сложный интерфейс, некорректность вычислительных данных, невозможность обработки изображений плохого качества, отсутствие инструментальных средств более точных вычислений, возможность интегрирования в автоматизированные системы обработки данных. Чаще всего программные средства имеют закрытый программный код, не допускающих их модификацию. Разработка собственных программных средств - процедура трудоемкая в создании и сопровождении.

Целью работы является разработка универсальных алгоритмов оцифровки графических зависимостей в их оптическом изображении на базе компьютерных технологий National Instruments.

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

Исследования проводились с использованием среды программирования NI LabVIEW 2015 SP1, Vision Development Module 2015 SP1 (NI Vision Assistant), драйвер NI IMAQ Vision.

**3. Описание технического решения**

Изображение для дальнейшего анализа и оцифровки средствами технического зрения National Instruments может быть получено как из ранее сохраненного файла, например, формата «jpg», так и с различных датчиков изображения [3]. Можно реализовать как однократный захват кадра изображения, так и серии изображений с программным или аппаратным тактированием.

Функций модуля технического зрения IMAQ Vision, позволяют проводить различные измерения, например определение границ изображения по заданному набору линий профиля, что позволяет оцифровывать графические зависимости в изображении [4]. Несмотря на простоту создания указанных алгоритмов, они в полной мере не решают задачи получения графических зависимостей в изображении с максимально возможной точностью, когда функциональная зависимость зашумлена, имеет фоновую неравномерную засветку, нет достаточного контраста, контуры размыты.

Учитывая это, предлагается схему универсального модульного виртуального прибора оцифровки графических зависимостей в изображении, структура ВП описана в работе [4]. Модульность ВП предполагает использование различных средств получения изображений (сканер, цифровая камера), методов и средств их обработки, анализа и архивирования полученных данных. Такой подход предполагает разработку структуры ВП и ряда функциональных модулей.

Фрагмент блок-диаграммы ВП, реализующего ручной режим сканирования представлен на рис 1а. Программно интерактивный режим сканирования реализуется объектно-ориентированной структурой (Event Structure) внутри цикла по условию (While Loop).

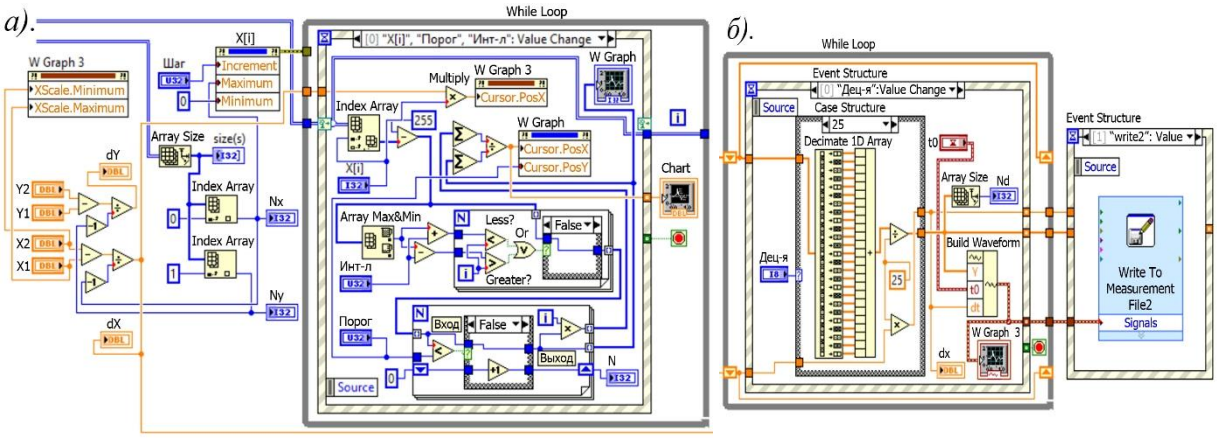



Рис. 1 - Фрагмент блок-диаграммы:
а). Ручного режима сканирования; б). Формирование выборки и ее запись в файл

Автоматический режим формирования измерения массива координат *y*[*i*] работает циклически для всех x[*i*] в заданном координатном диапазоне размерности массива изображения (*Nx*). Структура блок-диаграммы ВП автоматизированной обработки аналогична алгоритму ручного режима сканирования. Данный фрагмент алгоритма может работать параллельно алгоритму ручного режима сканирования. В этом случае в интерактивном режиме также можно устанавливать параметры «Порог» и «Инт-л», для каждой координат x[*i*], которые влияют на точность оцифровки получаемой выборки функциональной зависимости $y[i]=f(x[i])$ («W Graph 3»).

Для формирования оптимальной выборки функциональной зависимости используется функция децимации (прореживания) данных (Decimate 1D Array), причем в пределах заданного уровня децимации «Дец-я» (Case Structure) координаты *y*[*i*] арифметически усредняются, что позволяет устранить факторы шума без потери информационной составляющей. Параметр настройки децимации интерактивен, полученный результат отображается на индикаторе *2* (рис. 1б) «W Graph 3».

Изображения графических зависимостей могут быть реализованы плавными кривыми, разрывными фрагментами линий, локализованными графическими структурами. Процесс вычисления координат *y*[*i*] по умолчанию реализуется определения центра распределения в сечениях линии профиля значимых интенсивностей в заданном диапазоне. В ряде задач, для повышения точности определения *y*[*i*] целесообразно использовать иные интегральные алгоритмы выделения информационной составляющей, например вейвлет анализа [5], частотно-временного анализа [6]. Эффективность использования различных алгоритмов непрерывного вейвлет преобразования (НВП) для определения координат слабо локализованных графических структур показана в работе [7].

Представленные выше алгоритм и ВП решает задачу точной оцифровки графических зависимостей в изображении. Однако, в ряде случаев его применение может оказаться неэффективным для автоматизированной обработки изображений. Например, трудно использовать данный подход в случае нахождения на изображении нескольких функциональных зависимостей, графических образов имеющих разрывы и т.п. (полосы интерференции, объекты сложной формы).

В этих случаях предварительно графические объекты следует идентифицировать по форме, цветовому или графическому шаблону (с учетом ориентации), и др. признакам, далее определять их координаты. Для реализации этого методов имеются множество готовых функций модуля IMAQ Vision, которые способны выделять требуемую графическую информацию и производить необходимые измерения. Рассмотрим задачу оцифровки графика в изображении (рис. 2а), имеющего координатную сетку и другие графические элементы. Для формирования необходимой графической информации предлагается использовать скрипт (Vision Assistant), представленный на рис. 2б. В качестве измерительного инструмента в данном алгоритме используется функция поиска вписанных окружностей в заданном диапазоне радиусов (Circle Detection). Функция реализует поиск в бинарном изображении всех возможных окружностей радиуса *r*. Задавая малый диапазон радиусов ($R_{max} > r < R_{min}$) мы определяет наиболее значимые точки на самой кривой, задавая больший диапазон значений - выделяем точки на кривой, для совсем малых значений - выделяем сетку. Расширение исходной графической структуры в изображении позволяет расширить диапазон вариации радиусов вписываемых окружностей.

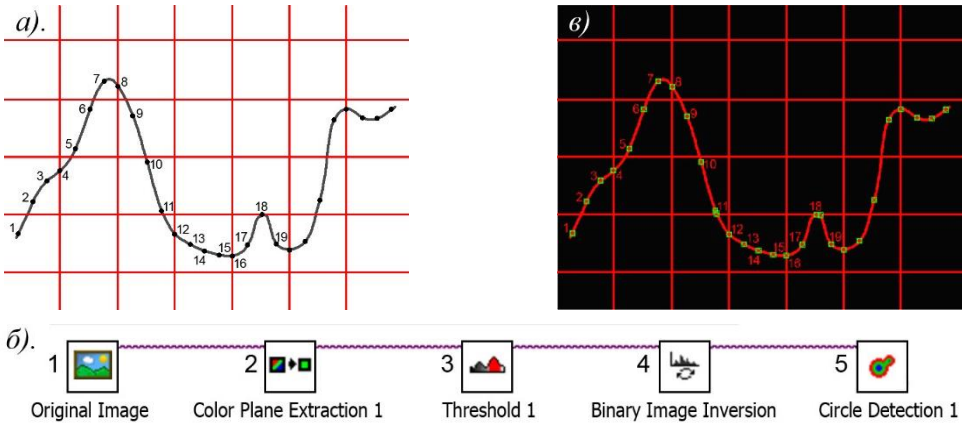



Рис. 2. Обработка и оцифровка графиков изображений методом вписанных окружностей: *а)*. Исходный график; *б)*. Скрипт обработки изображения; *в)*. Результат выделения точек

Скрипт (рис. 2в) работает следующим образом. В изображении выделяется цветовой диапазон *2*, полученное изображение переводится в бинарное изображение *3*, бинарное изображение инвертируется *4*. Функция *5* (Circle Detection 1) реализует поиск в бинарном изображении всех возможных вписанных окружностей (рис. 3), определяет координаты их центров (Center X, Center Y) и радиусов (Radius).

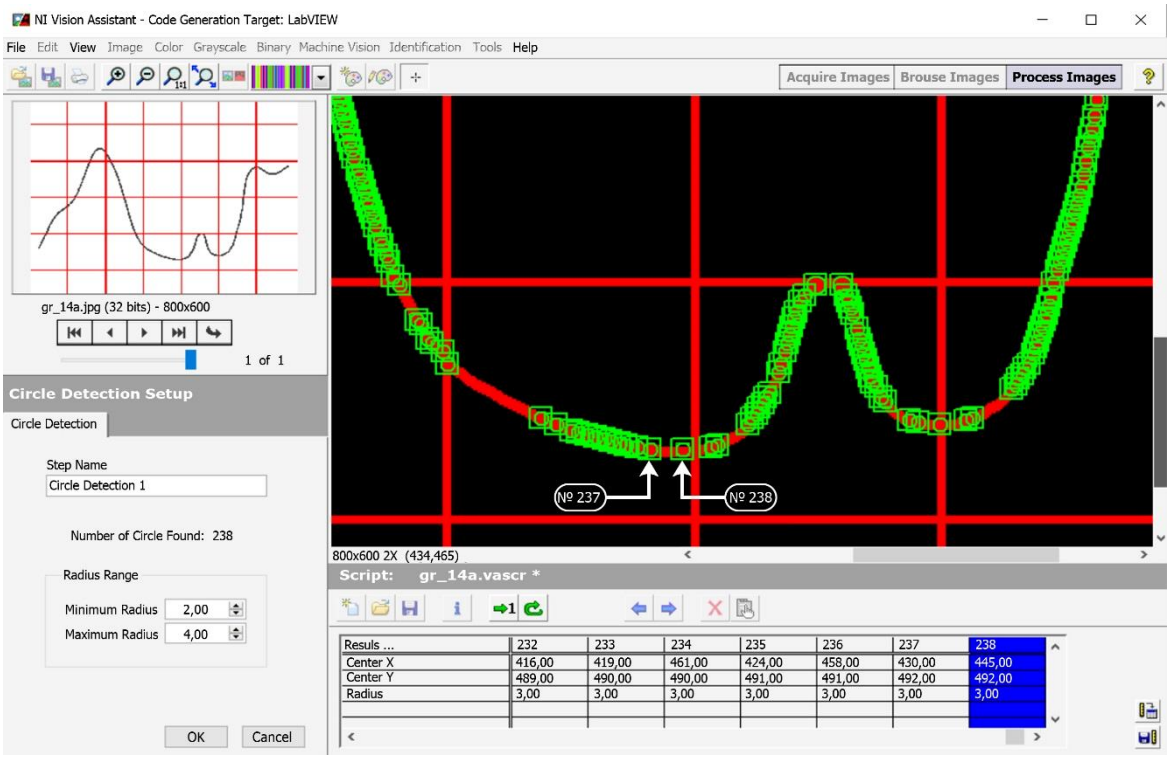



Рис. 3. Результат оцифровки по поиску координат вписанных окружностей

Найденные окружности расположены неравномерно вдоль оси *OX*, не в порядке возрастания или убывания координат. Поэтому для формирования выборки функциональной зависимости необходима сортировка окружностей по возрастанию координаты *X*, сопоставление им значений координаты *Y*, интерполяция по выбранным узлам выборки. Преимущество такого подхода заключается в том, что изначально определяется количество значимых точек на кривой, путем простого анализа можно объединить или удалить точки не принадлежащие кривой, производить качественную обработку изображений, имеющих структурированный шум (например спекл- шум в когерентной оптике) Фрагмент блок диаграммы с указанием используемых функций драйвера IMAQ Vision, реализующей представленный выше алгоритм (скрипт) показан на рис. 4.

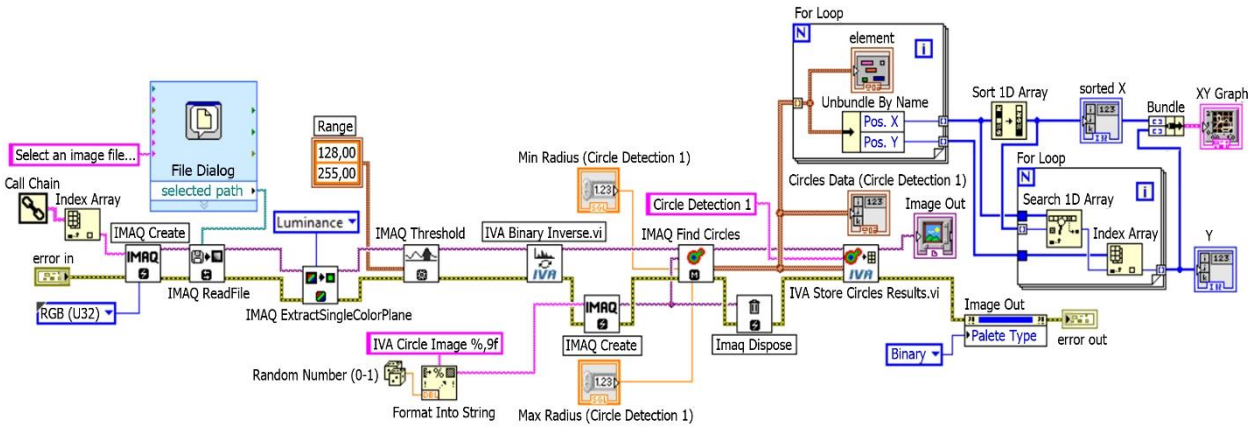



Рис. 4. Фрагмент блок диаграммы ВП определение кривой по радиусам вписанных окружностей

В результате можно сделать вывод, использование технологии виртуальных приборов для решения задач оцифровки графических зависимостей позволяет реализовать гибкие многофункциональные приложения получения цифровых данных графических зависимостей, которые можно интегрировать в систему автоматизированной обработки.

**4. Внедрение и его перспективы**

Результаты работы использованы при проведении НИР.

**5. Список литературы**

[1]. Бочкарева Е.А. Сравнительный анализ программ оцифровки графиков // Современные научные исследования и инновации. 2015. № 11 [Электронный ресурс]. URL: http://web.snauka.ru/issues/2015/11/60095.

[2]. Программа для оцифровки графиков с изображений (фото и т. п.) [Электронный ресурс]. URL: http://wolframmathematica.ru/forum/готовые-программы/.

[3]. Махов В.Е., Орлов Д.В., Репин О.С., и др. Построение оптических систем технического зрения с цифровыми камерами высокого разрешения // Вестник компьютерных и информационных технологий, № 9, 2014. С. 15–22.

[4]. Махов В. Общий подход к оцифровке графических зависимостей в изображении в среде LabVIEW / В. Махов, В. Лиференко, Е. Борисов // Компоненты и технологии, № 9, 2016. - С. 24-29.

[5]. Махов В. Компьютерная реализация методов вейвлет-анализа в среде разработки виртуальных приборов NI LabVIEW / В. Махов В. Лиференко А. Закутаев // Компоненты и технологии, Т.9. №170, 2015. - С. 132-139.

[6]. Махов В. Методы частотно-временного анализа сигналов и их компьютерная реализация в LabVIEW / В. Махов В. Лиференко А. Закутаев // Компоненты и технологии, № 7, 2016. - С. 116-121.

[7]. Махов В. Е. Исследование алгоритмов вейвлет- преобразования для определения координат световых меток // Вопросы радиоэлектроники. Серия «техника телевидения», вып. 2. – СПб.: ФГУП НИИТ, 2012. – С. 78 – 89.

**OBTAINING AND PROCESSING OF NUMERICAL DATA PLOT**

V.E. Makhov, A.I.Potapov

*Saint-Petersburg mining University, St. Petersburg, Russia*

*Spend the development of universal algorithms digitization of plots in the image based on the National Instruments virtual instrumentation technology. An algorithm for constructing the sampling method of the functional dependence of image processing and analysis of the inscribed circles in a binary image structure allows sharing information content and determine the optimal sample. The possibility of determining the sampling accuracy of 1 pixel.Key words:* processing of numeric data, digitized graphics, image processing, extracting information component.

# ПРОГРАММА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ФАЙЛОВ ФОРМАТА SEG-Y

К.А. Григорьев[1], Н.А. Губин[1], Д.А. Ченский[1],А.Г. Ченский[1]

*1. ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»,664074, Иркутская обл., г. Иркутск*

*В статье рассматривается программа для визуализации данных сейсмоакустических исследований, сохраненных в формате SEG-Y.*

*Ключевые слова: LabVIEW, гидроакустика, сейсмоакустика, SEG-Y.*

## 1. Постановка задачи

Основным форматом хранения данных сейсмо и гидроакустических исследований является формат SEG-Y [1][2]. Для соответствия мировым стандартам и дальнейшего развития проекта гидроакустического профилографа с линейной частотной модуляцией [3] в нём была реализована возможность сохранения данных в формате SEG-Y. Для дальнейшей обработки данных потребовалась отдельная программа визуализации и обработки.

В данной работе рассматривается программа для визуализации сейсмоакустических файлов формата SEG-Y на основе программного обеспечения National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2013.

## 3. Описание решения

Файлы формата SEG-Y состоят из трех типов заголовков и данных трас. Первым идет текстовый заголовок (EBCDIC Text Header), он занимает объем в 3200 байтов. Тип кодировки текста – EBCDIC. Текстовый заголовок представляет собой таблицу 40 строк на 80 столбцов. Далее в формате идет бинарный заголовок (Binary Header), занимающий 400 байтов. В его составе содержатся бинарные данные обо всем файле. Из этого заголовка нам известно, сколько трасс содержится в данном файле, шаг дискретизации в микросекундах, а так же количество отсчетов в каждой трассе. Третий вид заголовков – отдельный заголовок для каждой трассы в файле, он занимает 240 байтов. Основная информация, которую можно взять из данного заголовка – номер пакета, его координаты и задержка начала записи, если таковая была. Данные трас могут быть записаны одним из шести типов данных, это указывается во втором заголовке: 4-х байтовое, плавающая запятая IBM; 4-х байтовое, двойное дополнение числа; 2-х байтовое, двойное дополнение числа; 4-х байтовое, фиксированная запятая (устаревший формат); 4-х байтовое, плавающая запятая IEEE; 1 байтовое, двойное дополнение числа. [4].

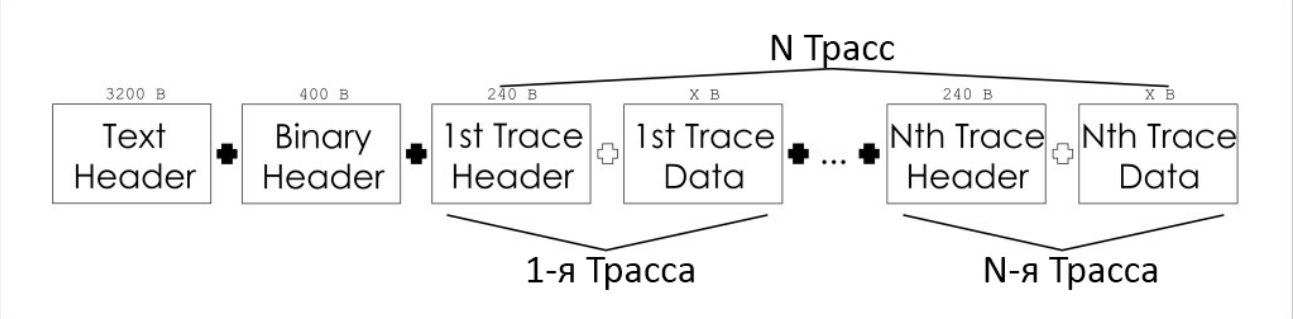



Рис. 1. Структура файла формата SEG-Y

В начале пользователь выбирает файл для отображения. Программа считывает первые два заголовка и на основе полученных из второго заголовка данных о количестве отсчетов (21-22 байты) и их формате (25-26 байты) определяет размере трасс (в байтах). Остальная часть файла обрабатывается в цикле. После чего на экран выводится визуальное отображение трасс в профиле. При построении профиля учитывается задержка записи, которая указывается в заголовке для каждой трассы (109-110 байты). Глубина профиля и отображаемых данных рассчитываются исходя из задержки записи и шага дискретизации (17-18 байты), а также скорости распространения звука в среде.

Скорость звука задается пользователем. Пользователь может настраивать интенсивность отображение, а также выбрать отдельный участок профиля для сохранения в отдельный файл.

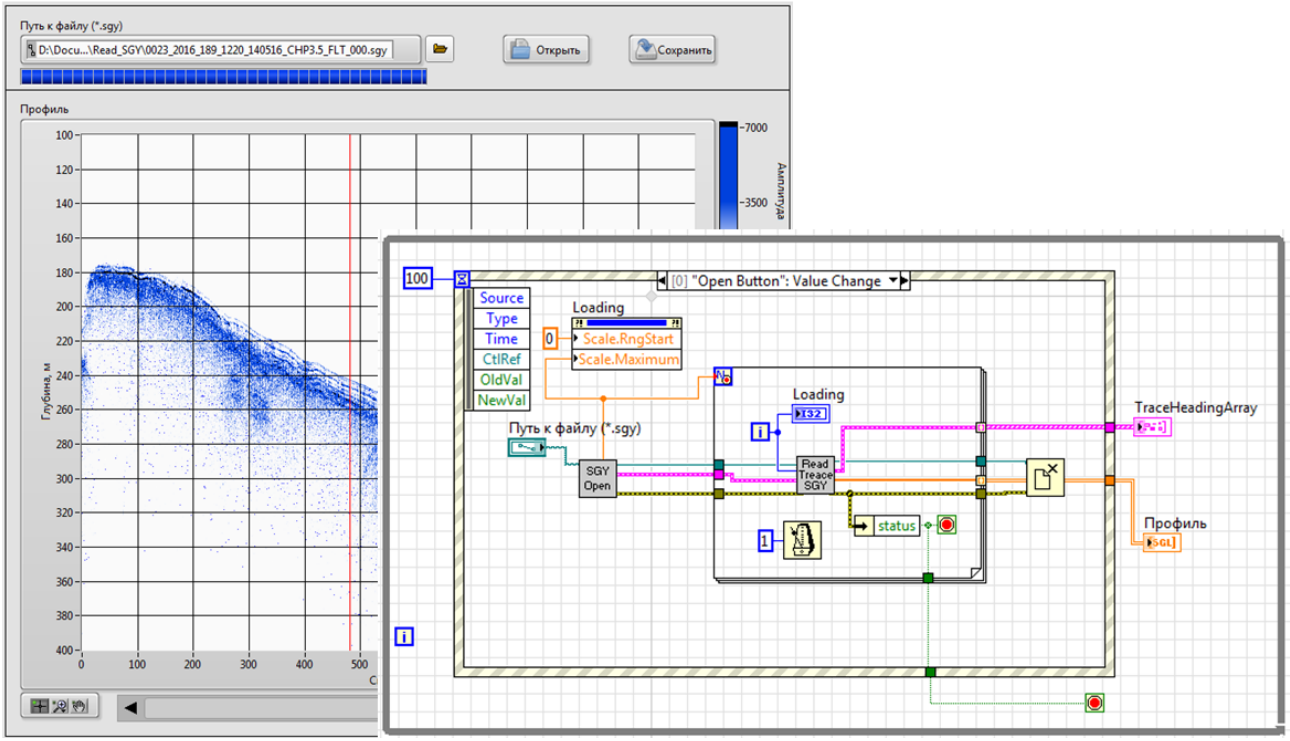



Рис. 2. Лицевая панель и блок диаграмма программы.

**4. Внедрение и перспективы**

Программа способна обрабатывать любые сейсмоакустические данные в формате SEG-Y. Разработка данной программы велась в рамках гос. задания № 1218 “Разработка гидроакустического профилографа с линейной частотной модуляцией для поиска аквальных газовых гидратов.

**5. Список литературы**


[1]. Орленок В.В. Морская сейсмоакустика. Учеб. пособие. Калининград. ун-т. - Калининград, 1997.

[2]. Фирсов Ю.Г. Основы гидроакустики и использования гидрографических сонаров. – СПб.: Нестор-История, 2010.

[3]. Григорьев К.А., Полетаев А.С., Ченский А.Г., Добробаба К.А., Ченский Д.А.. Гидроакустический профилограф с линейной частотной модуляцией: В сб.: Инженерные и научные приложения на базе технологий NI NIDays – 2014. Сборник трудов XIII международной научно-практической конференции, Москва 19-20 ноября 2014 г. – М.: ДМК-пресс, 2014. – С.185-187.

[4]. . SEG Y rev 1 Data Exchange Format, SEG Technical Standards Committee, Release 1.0, May 2002


## Program visualization of seismic acoustic file format SEG-Y


K.A. Grigorev[1], N.A. Gubin[1], D.A. Chensky[1], A.G. Chensky[1]

*1. IRTU Irkutsk national research technical university, Irkutsk, Russia*



*The article discusses the program for visualization of seismic-acoustic research data stored in SEG-Y format.*



*Keywords: LabVIEW, sonar, seismic acoustics, SEG-Y.*

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ

Е.Е. Невская[1]

*1. НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва,*

*В данной статье рассмотрены вопросы разработки и применения программного обеспечения для оценки инструментальной достоверности поверки средств измерений на основе среды программирования NI LabVIEW. Приведён пример применения из области измерений характеристик ионизирующих излучений.*

*Ключевые слова: достоверность поверки, LabVIEW, дозиметрия, точность измерений, радиационная безопасность, контурное оценивание.*

## 1. Постановка задачи

К средствам измерений параметров ионизирующих излучений и ядерных констант предъявляются повышенные требования по надёжности и точности. Очень важно обеспечить соответствие их метрологических характеристик допустимым в течение всего срока их эксплуатации. Большинство методик поверки средств измерений характеристик ионизирующих излучений предписывает принимать в качестве показаний поверяемого прибора в каждой поверочной точке среднее арифметическое результатов измерений, что соответствует априорному принятию гипотезы об их «нормальном» распределении. Это приводит к успешному прохождению поверки в том числе и приборами, которые должны быть забракованы, а, следовательно, напрямую влияет на безопасность населения, персонала и окружающей среды. Кроме того, особенностью многих методик поверки средств измерений ионизирующих излучений является неравноточность измерений. Она вызвана переменным соотношением между границами погрешности средств поверки и пределами допускаемых погрешностей поверяемых приборов. Следовательно, для решения измерительной задачи контроля инструментальной достоверности поверки средств измерений характеристик ионизирующих излучений необходимо учесть требования МИ 2916-2005 [1] к измерениям в условиях неравноточности.

Одним из способов методов решения данной задачи является метод контурного оценивания. Описываемое в данной работе программное обеспечение позволяет внедрить и полностью автоматизировать метод контурного оценивания в метрологических службах и поверочных лабораториях, в том числе в условиях неравноточных измерений.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для разработки программного обеспечения использовалась среда графического программирования NI LabVIEW 2014, при тестировании использовались протоколы поверки рабочих средств измерений.

## 3. Описание решения

В основе алгоритма работы программного обеспечения лежат статистические методы обработки результатов многократных измерений на основе полученного протокола поверки, математический аппарат подробно описан в работе [2]. Основная цель обработки данных – идентификация распределений вероятностей, которые обоснованно могли бы быть приписаны измеряемым величинам. Программа распознаёт равномерное распределение, а также усечённые распределения Гаусса, Коши, Лапласа, Трубицына и двойное экспоненциальное с параметром формы «4». Точками усечения в случае равноточных измерений служат параметры равномерного распределения, в случае неравноточных – крайние точки статистической функции распределения, согласно [1]. На основании произведённых вычислений и построений строится полная вероятностная характеристика погрешности – композиция (свёртка) случайной составляющей и суммы неисключённых систематических составляющих погрешности. Из графика функции свёртки определяется критерий достоверности поверки – наибольшая вероятность признания годным в действительности дефектного средства измерений ($P_{bam}$). Программа автоматически идентифицирует и выводит на экран распределение, дающее максимальную инструментальную достоверность поверки как конечный результат вычислений, а также генерирует отчёт, по данным которого пользователь способен самостоятельно выбрать наилучшее распределение, в соответствии со своей измерительной задачей.

Рассмотрим пример применения программного обеспечения к реальным данным протокола поверки дозиметра-радиометра ДРБП-03 с блоком детектирования БДБА-02 по бета-излучению. Измеряемой величиной является плотность потока бета-излучения, предел допускаемой основной относительной погрешности измерений составляет $\pm$ (20 + 4/P) %, где P – измеренное числовое

значение плотности потока бета-излучения в $с^{-1}\cdot см^{-2}$. В качестве средств поверки использовались эталонные источники бета-излучения типа 6СО с доверительными границами основной относительной погрешности воспроизведения внешнего излучения, равными + 6 % при доверительной вероятности 0,95. Предел допускаемой основной относительной погрешности переменный, следовательно, использовался режим неравноточных измерений.

Данные из протокола поверки приведены в таблице 1.

Таблица 1

| Источник и его заводской номер | Эталонное значение плотности потока, $с^{-1}\cdot см^{-2}$ | Измер. 1, $с^{-1}\cdot см^{-2}$ | Измер. 2, $с^{-1}\cdot см^{-2}$ | Измер. 3, $с^{-1}\cdot см^{-2}$ | Измер. 4, $с^{-1}\cdot см^{-2}$ | Измер. 5, $с^{-1}\cdot см^{-2}$ | Среднее значение, $с^{-1}\cdot см^{-2}$ | Погрешность измерений, % |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 6СО № 0428 | 6,0 | 6,82 | 7,19 | 7,33 | 7,08 | 6,97 | 7,08 | 18 |
| 6СО № 0429 | 75 | 83,47 | 83,91 | 83,10 | 84,55 | 82,76 | 83,56 | 12 |

Согласно методике поверки, представленной в [3], значение основной относительной погрешности рассчитывается по формуле:

$$\theta_m = ((P - P_0)/P_0) \times 100, \quad (1)$$

где P – среднее арифметическое показание дозиметра-радиометра в каждой поверочной точке за вычетом фона, $P_0$ – действительное значение плотности потока бета-излучения.

Результаты идентификации наилучшего распределения и определения инструментальной достоверности поверки представлены на рисунке 1.

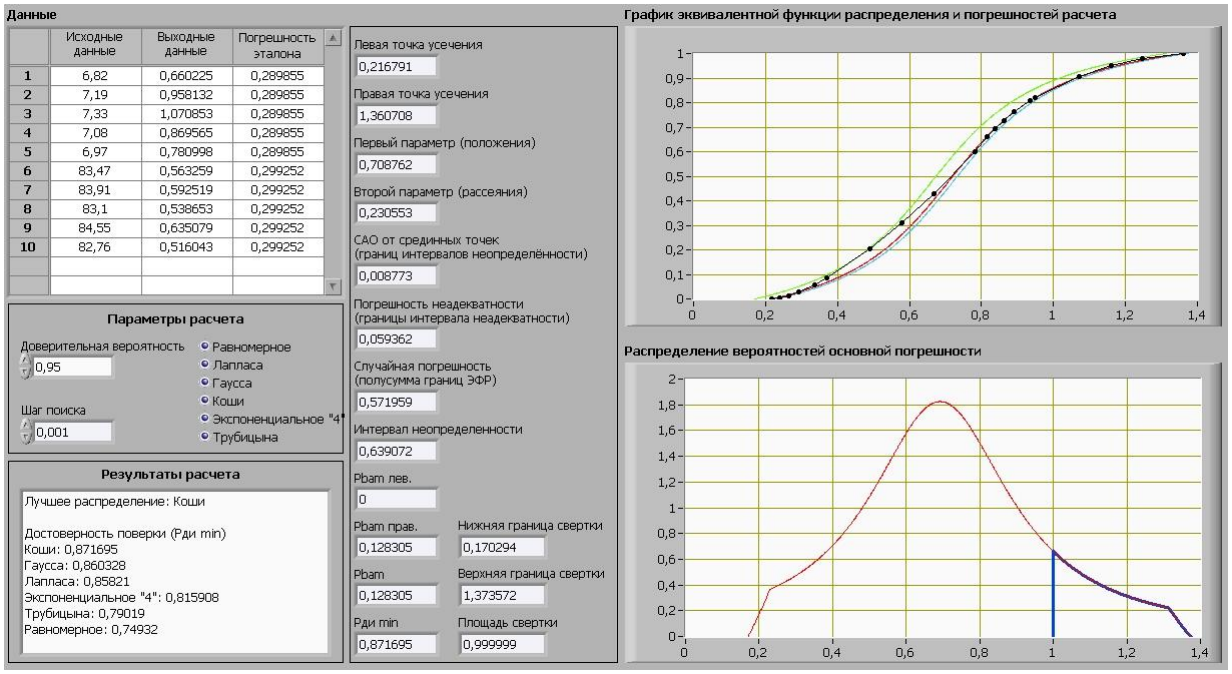



Рис. 1. Результаты идентификации наилучшего распределения по данным протокола поверки дозиметра-радиометра ДРБП-03 с блоком детектирования БДБА-02

Программа признаёт лучшим распределение Коши с достоверностью поверки, равной 0,871695, что не соответствует требованиям государственной поверочной схемы [4] по доверительной вероятности. На основании этого можно рекомендовать забраковать прибор, отправить его на дополнительную регулировку или не использовать для проведения ответственных измерений.

Параметры прочих распределений приведены в сравнительном отчёте (таблица 2), где САО – среднее абсолютное отклонение от срединных точек статистической функции распределения для равноточных измерений или от границ интервалов неопределённости – для неравноточных.

Таблица 2

| Вид распределения | Погрешность неадекват-ности | САО | Pbam | Достовер-ность поверки | Параметр положения | Параметр рассеяния |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Коши** | **0,059362** | **0,008773** | **0,128305** | **0,871695** | **0,708762** | **0,230553** |
| Гаусса | 0,044816 | 0,0048 | 0,139672 | 0,860328 | 0,696533 | 0,272381 |
| Лапласа | 0,048876 | 0,008136 | 0,14179 | 0,85821 | 0,690146 | 0,294554 |
| Экспоненциальное "4" | 0,137338 | 0,010261 | 0,184092 | 0,815908 | 0,703533 | 0,404381 |
| Трубицына | 0,222236 | 0,056876 | 0,20981 | 0,79019 | -1,598562 | 0,796581 |
| Равномерное | 0,263071 | 0,085932 | 0,25068 | 0,74932 | 0,788749 | 0,571959 |

Программное обеспечение протестировано на протоколах поверки метрологической службы НИЦ «Курчатовский институт» и может применяться в любой области измерений.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанное программное обеспечение внедрено в учебный процесс ФГБОУ ДПО «Московский институт экспертизы и испытаний». Планируется внедрение в качестве составной части автоматизированного рабочего места поверителя в государственных научных метрологических центрах и метрологических службах юридических лиц.

**5. Список литературы**


[1]. МИ 2916-2005. ГСИ. Идентификация распределений вероятностей при решении измерительных задач.

[2]. Невская Е.Е. Программное обеспечение для оценки апостериорной достоверности поверки средств измерений // Приборы. 2016. № 7. С. 41-46.

[3]. ГКПС 14.00.00.000 ПС. Дозиметр-радиометр ДРБП-03. Паспорт (техническое описание, инструкция по эксплуатации, формуляр).

[4]. ГОСТ 8.033-96. ГСИ. Государственная поверочная схема для средств измерений активности радионуклидов, потока и плотности потока альфа-, бета-частиц и фотонов радионуклидных источников.


**THE SOFTWARE FOR CONTROL OF THE MEASUREMENT INSTRUMENTS' RELIABILITY OF CALIBRATION**


E.E. Nevskaya[1]

*1. National Research Centre "Kurchatov Institute", Moscow, Russia*



*In this article the questions of development and application of the software for estimation of the measurement instruments' reliability of calibration based on the NI LabVIEW platform are considered. The example of its application in the sphere of measurement of characteristics of ionizing radiation is shown.*



*Keywords: reliability of calibration, LabVIEW, dosimetry, accuracy of measurements, radiation safety, contours estimation.*

# ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ПРОФИЛОГРАФА.

Н.А. Губин, К.А. Григорьев, А.Г. Ченский.

ФГБОУ ВПО ИрГТУ, г. Иркутск

*В статье рассматривается программный модуль, преобразования пространственных данных профилографа, позволяющий переводить получаемые профилографом данные из сферической системы координат в проекционную с возможностью визуализации пути движения и отображение получаемого профиля дна.*

*Ключевые слова Система координат, пространственная ориентация, визуализация.*

## 1. Постановка задачи

Основные проблемы возникающие в процессе обработки данных получаемых при съемке дна профилографом, связаны с прямой записью географических координат в данные и небольшим динамическим диапазоном используемым для представления результатов. В получаемых в результате обработки данных не учитывается направление движения судна, а также нет возможности определить горизонтальные размеры обнаруженных объектов. Перспективным способом, решения проблемы, определения горизонтальных размеров обнаруженных объектов, может послужить использование методов интерполяции данных, с последующей пространственной привязкой в проекционной системе координат.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программное обеспечение для решения поставленной задачи было выполнено в среде графического программирования NILabVIEW 13. Обрабатываемые данные были получены с помощью профилографа с линейно-частотной модуляцией KNUDSEN Chirp 3260.




Рисунок. 1. Профилограф KNUDSEN Chirp 3260.

Он сочетает высокое разрешение по слоям и большой диапазон используемых глубин.

Профилограф обеспечивает стратификацию осадочных слоев дна с разрешающей способностью до 10 см при глубине зондирования грунта до 100 м и глубине места от 5 до 5000 м. Пространственная привязка получаемых от профилографак данных осуществляется по поступающим от приемника GPS/GLONAS координатам. В состав профилографа входят: антенная система, приёмо-излучающее устройство и станция оператора в виде персонального компьютера для обработки, отображения и сохранения информации

Приёмо-излучающий блок профилографа имеет два выходный канала с мощность 4 кВт и 2 кВт. По обоим каналам программно устанавливаемый, диапазон рабочих частот от 3,5 кГц до 210 кГц и длительность излучаемого импульса до 64 мсек. Усиление сигнала осуществляется в диапазоне 96 дб как в ручном так и в автоматическом (AGC) режиме с возможность переменного усиления во времени (TVG). Профилограф подключается к станции оператора через интерфейс USB 2.0 со скоростью 12Мб/сек. Выходные данные записываются в формате SEG-Y.

## 3. Описание решения . .

Данные профилографа сохранённые в формате seg-y, подгружаются в написанное программное обеспечение каталогом либо отдельным файлом. При загрузке каталога можно выбрать число файлов которые необходимо одновременно обработать. Пользователь может задать параметры заголовка как

для открываемых фалов так и для последующего сохранения при этом обязательным пунктом настройки является выбор ”Существующей” и “Желаемой” системы координаты..

Традиционно в данных получаемых с профилографа при построении изображения дна используются географические(сферическая система исчисления) координаты напрямую, они позволяют лишь примерно определить местоположение того или иного объекта на карте. Конвертация данных пространственной привязки из сферической системы координат в проекционную(метрическую) позволяет согласно техническому руководству DMATM 8358.2 “Universal Transverse Mercator(UTM) and Universal Polar Stereographic (UPS)” определить расстояние между сканами в метрах.

Получаемые навигационные данные формата UTM определяются с учетом значения пространственного ориентирования по региону (зоне UTM). Использование значений местоположения и значения курса(направление движения) судна, в процессе конвертации, позволяет:

1) Определить местоположение, каждой отраженной от дна точки.
2) Измерить точное расстояние между ними на дне в метрической системе исчисления.
3) Исключить из построения значения выходящие за пределы пройденного пути.

Результат конвертации координат можно наблюдать на экране компьютера в виде визуализированного трек-лога и профиля дна.

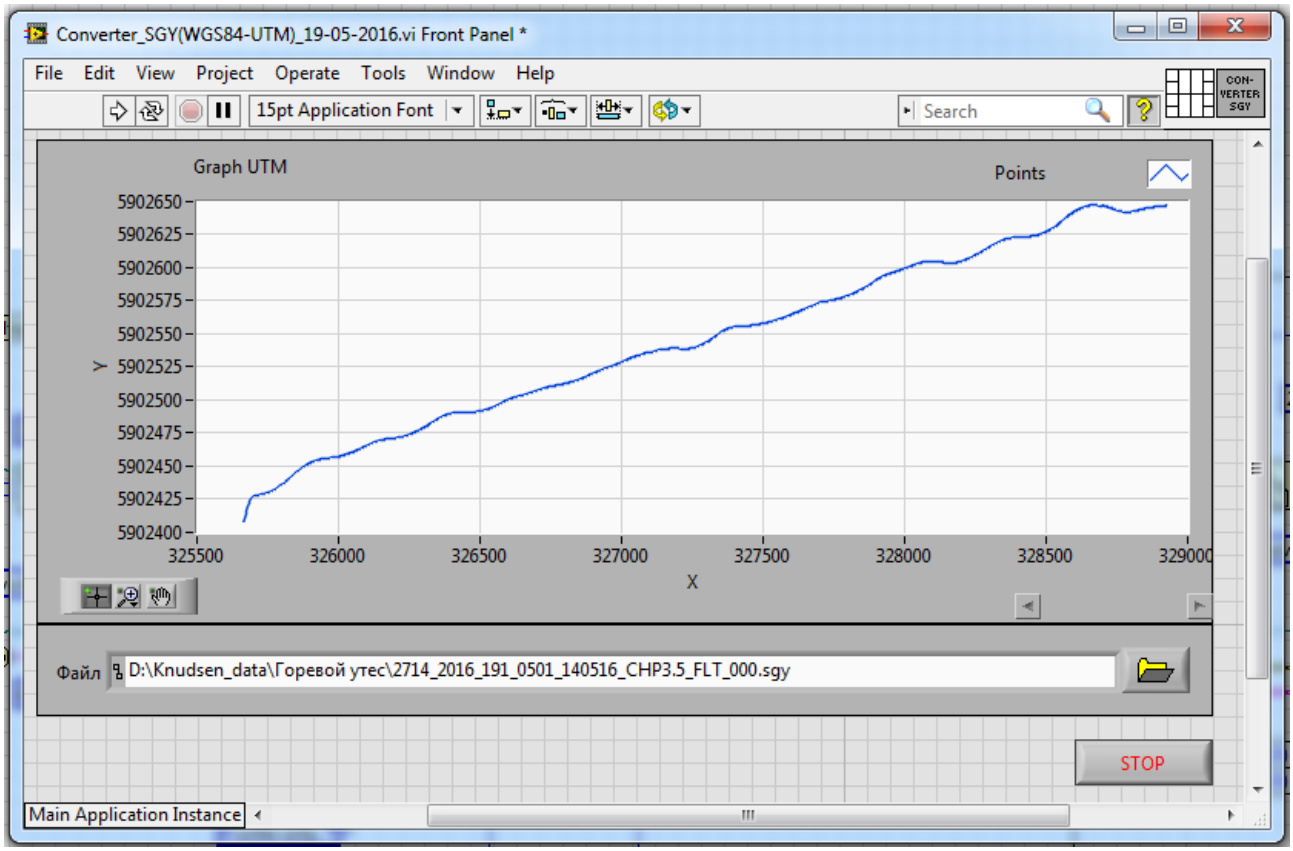



Рисунок 3 - Визуализация трек-лога пронстранственных данных положения судна носителя.

В результате преобразования, при построении изображения профиля дна, можно более точно судить о пространственных размерах обнаруженных донных объектов, исключить данные несоответствующие по местоположению курсу следования судна носителя, а также уменьшить ошибочность привязки измеренных значений глубины, что крайне необходимо, при проведение гидрографических изысканий.

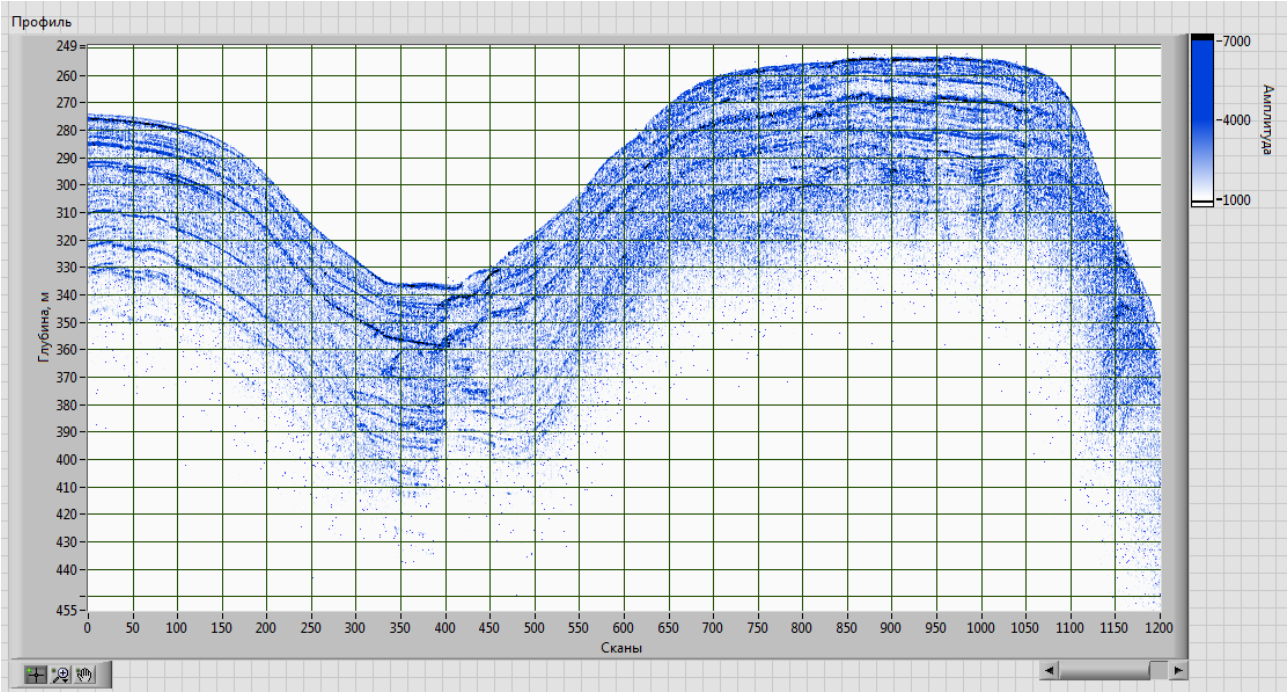


Рисунок. 4.- Визуализация профиля дна.

## 4. Внедрение и его перспективы

Написанное программное обеспечение позволяет производить конвертацию пространственных данных получаемых профилографом, производить их замену, фильтрацию и уточнение. Созданный программный модуль имеет возможность визуализации и сохранения изображения профиля дна с координатной привязкой, а также возможность пересохранение файлов SEG-Y . Разработка данного программного модуля велась в рамках гос. задания № 1218 “Разработка гидроакустического профилографа с линейной частотной модуляцией для поиска аквальных газовых гидратов”

## 5. Список литературы

1) Фирсов Ю.Г. Основы гидроакустики и использования гидрографических сонаров / Санкт-Петербург Нестор-История, 2010

2) Григорьев К.А., Полетаев А.С., Ченский А.Г., Добробаба К.А., Ченский Д.А.. Гидроакустический профилограф с линейной частотной модуляцией: В сб.: Инженерные и научные приложения на базе технологий NI NIDays – 2014. Сборник трудов XIII международной научно-практической конференции, Москва 19-20 ноября 2014 г. – М.: ДМК-пресс, 2014. – С.185-187.

3) Н.А. Губин, А.Г. Ченский Программный модуль уточнения пространственного ориентирования ИГБО /конференции "Инженерные приложения на базе технологий NI - NIDays 2015": Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции, Москва 27 ноября 2015 г. – М.: ДМК-пресс, 2015. С. 111-113.

4) Converting UTM to Latitude and Longitude [Электронный ресурс] / University of Wisconsin - Green Bay – Режим доступа: http://www.uwgb.edu/dutchs/UsefulData/UTMFormulas.HTM, свободный.

**A software module conversion of spatial data profiler.**

N.A.Gubin, K.A.Grigoriev, A.G. Chenskii

Irkutsk state technical university, Irkutsk

*The article discusses a software module allocation of spatial data profiler,*
*Allows you to transfer data from the received profilograph spherical coordinate system in the projection with the ability to visualize the path of motion and display the resulting profile of the bottom.*
*Keywords coordinate system, spatial orientation, visualization.*

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ В LABVIEW АДАПТИВНОГО ФИЛЬТРА АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЯ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ШУМОВ

К.Ю. Агаян, Е.А. Балакина, А.П. Баранова, А.К. Вяткина, Д.Д. Гришина,
В.А. Лунев, Д.Р. Мухамадияров, С.Х.Нгуен, А.В. Никитин, М.П. Павловская, С.И. Садыков,
Д.Р. Темралиева, Д.Н. Цайклер, В.В. Цой, М.С.Шарипов, Г.Р. Арипов,
С.А. Никулин, В.Г. Ханжин

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва*

*Программы с адаптивной обработкой данных имеют связь параметров передаточной функции системы обработки с параметрами входных и выходных сигналов, что позволяет самонастраиваться на оптимальную обработку сигналов. Для выделения сигналов акустической эмиссии на фоне сильных акустических шумов использовался специально разработанный в LabVIEW двухканальный программный адаптивный фильтр. В статье представлена разработка программного обеспечения для реализации алгоритма адаптивного цифрового фильтра (АЦФ) в среде графического программирования LabVIEW.*

*Ключевые слова: обработка данных в LabVIEW, адаптивная фильтрация.*

## 1. Постановка задачи

Системы мониторинга технологических объектов по сигналам акустической эмиссии часто работают в условиях сильных технологических шумов [1]. Для мониторинга в таких условиях используется адаптивная фильтрация сигналов акустических датчиков. Адаптивные устройства отличаются обратной связью параметров передаточной функции системы обработки с параметрами выходных (и входных) сигналов. Обратная связь позволяет системе «самонастраиваться» на оптимальную обработку сигналов. Частотная характеристика адаптивных фильтров автоматически регулируется или модифицируется в соответствии с определенным заданным программно критерием, позволяющим фильтру адаптироваться (подстраивается) к изменениям характеристик входного сигнала.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для реализации системы была использована платформа NI PXI-1042Q. Разработка программного обеспечения проводилась в среде графического проектирования LabVIEW 2016 с использованием NI LabVIEW Digital Filter Design Toolkit.

## 3. Описание решения

Общая схема адаптивного алгоритма представлена на рис.1. Система для адаптивного подавления технологических шумов имеет два входа: «сигнальный», искаженный шумом и сигнал шума (опорный сигнал). Адаптивный фильтр состоит из блока цифрового фильтра с регулируемыми коэффициентами фильтра и адаптивного устройства (алгоритма) для настройки и изменения коэффициентов фильтра.

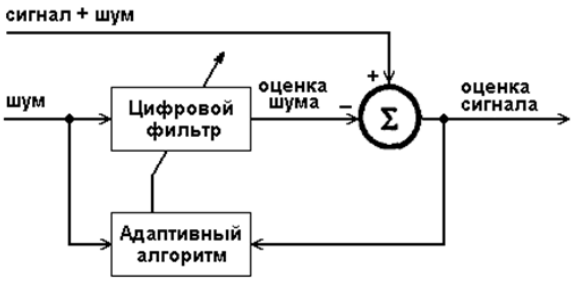



Рис.1. Блок-схема адаптивной фильтрации сигналов

Для фильтрации от шума сигнала акустического датчика в системе АЭ-мониторинга используется адаптивный фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ-фильтр) из модуля NI LabVIEW Digital Filter Design Toolkit. Фильтр получает значения сигнала с тактовой частотой аналого-цифрового преобразователя (АЦП), преобразует их помощью коэффициентов цифрового фильтра и выдаёт

выходную последовательность отфильтрованного сигнала. Последовательность реализуется через цикл (шаг фильтрации). Требуется настройка программного фильтра непосредственно на объекте контроля. Фильтрация с малым шагом гарантирует хорошую сходимость, но может привести к замедлению процесса адаптации. Большой шаг фильтрации ускоряет адаптацию фильтра, но может привести к неточности фильтрации сигнала. Параметры фильтрации, характеристики фильтра и параметры экспресс контроля программируются оператором на панели интерфейса системы мониторинга. Блок-диаграмма адаптивного фильтра показана на рис. 2.

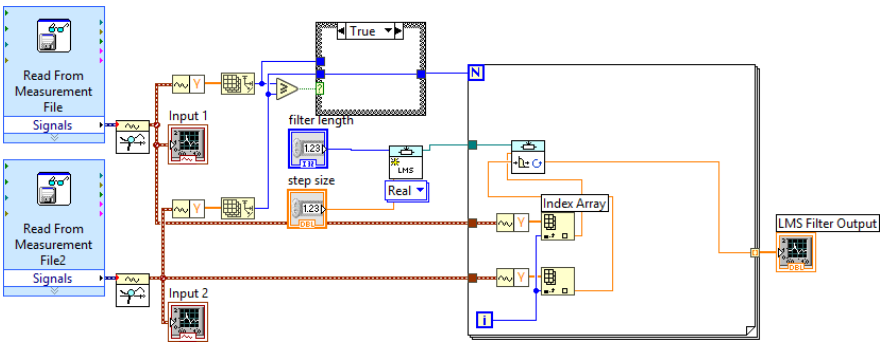



Рис.2. Блок-диаграмма адаптивного цифрового фильтра в среде графического программирования LabVIEW

В блок-диаграмме АЦФ использовались как стандартные средства LabVIEW, так и дополнительные из модуля Digital Filter Design Toolkit [2]. Данные считываются ВИ ReadFrom Measurement File Express. Далее значения этих сигналов конвертируется из динамического типа данных в тип массива данных с помощью ВИ Search Waveform и Get Waveform Components, для дальнейшей обработки данных значений в фильтре. Фильтрация выполняется в цикле For Loop, цикл повторяется до тех пор пока не закончатся значения данных из файлов (предварительно проверив количество записанных данных из файлов с помощью функций Array Size, Greater Or Equal? и Case Structure).

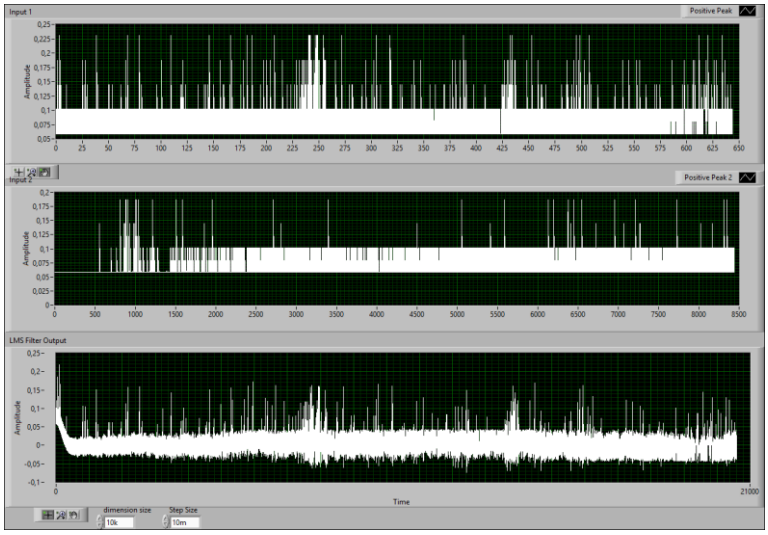



Рис.3. Результат работы фильтра (сверху вниз): 1- сигнал датчика АЭ, 2 – сигнал датчика шума, 3 – сигнал после адаптивного фильтра.

Адаптивный фильтр проектируется с помощью виртуальных инструментов (ВИ) модуля LabVIEW 2016 Digital Filter Design Toolkit. ВИ AFT Create FIR LMS создает конечный импульсный отклик (КИХ) адаптивного фильтра с алгоритмом стандартных наименьших средних квадратов (LMS). ВИ AFT Filter Signal и Update Coefficients фильтрует входной сигнал с помощью адаптивного фильтра и обновляет коэффициенты адаптивного фильтра итеративно. Результат работы фильтра выводится на экран с помощью ВИ Waveform Graphs.

## 4. Внедрение и его перспективы

Адаптивная фильтация сигналов АЭ перспективна для использования в системах АЭ-мониторинга с целью выделения редких диагностических сигналов АЭ в условиях сильных технологических шумов.

Работа выполнена в рамках специальных курсов «Мехатроника» и «Компьютеризация эксперимента» (доцент В.Г. Ханжин) на кафедре Металловедения и Физики прочности Института Новых Материалов и Нанотехнологий НИТУ «МИСиС», при поддержке МинОбрНауки: уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57815X0139.

## 5. Список литературы

[1]. Ali Y.H., Rahman R.A., Hamzah R.I. Acoustic Emission Signal Analysis and Artificial Intelligence Techniques in Machine Condition Monitoring and Fault Diagnosis: A Review. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) 2014, Vol. 69, pp. 121–126

[2]. Суранов А. Я.LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. М. ДМК Пресс, 2007, 536 с

## DESIGNING IN LABVIEW ADAPTIVE FILTER ACOUSTIC SIGNALS FOR SYSTEM MONITORING CONTROL OBJECTS IN A STRONG TECHNOLOGICAL NOISE

K.Y. Agayan, E.A. Balakina, A.P. Baranova, A.K. Vyatkina, D.D. Grishina, V.A. Lunev, D.R. Muhamadiyarov, A.V. Nikitin, S.H. Nguen, M.P. Pavlovskaya, S.I. Sadykov, D.R. Temralieva, D.N. Tsaykler, V.V. Tsoy, M.S. Sharipov, G.R. Aripov, S.A. Nikulin, V.G. Khanzhin

*NUST MISiS, Moscow*

*Program adaptive data processing have the connection parameters of the transfer function of the system processing input and output signals, allowing you to self-adjust to the optimum signal processing. For the selection of acoustic emission, signals on a background of strong acoustic noise used a specially designed LabVIEW software dual-channel adaptive filter.*

*Keywords: data processing in LabVIEW, adaptive filter.*

# РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИВОДОВ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАКЕТА NI MOTION

А.Н. Стариков, И.В. Протягов

*Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г. Столетовых, г. Владимир*

## 1. Постановка задачи

По различным данным запасов углеводородов на Земле, при его использовании теми же темпами, хватит на 75-250 лет (Саудовская Аравия – 75л., Россия – 120л., Венесуэла – 250л., - http://www.assessor.ru/forum/index.php?t). При этом одним из основных потребителей углеводородов (и загрязнителей атмосферы) являются автомобили. В связи с этим работы по разработке и созданию гибридных, а в последствии и электрических автомобилей имеют особую значимость.

Гибридные автомобили есть автомобили переходного типа на пути к электромобилям и рассматривают как автомобили ближайшего будущего. Они в состоянии эффективно расходовать топливо и в то же время уменьшить количество выхлопных газов. В гибридных автомобилях присутствуют два двигателя для этого, чтобы повысить эффективность расходования горючего. Они оснащены традиционным бензиновым двигателем, а также электродвигателем и батареями. Эти два двигателя работают вместе, чтобы сократить расход топлива. Привод на колёса осуществляется с помощью электродвигателя. Перспективным является монтирование двигателя непосредственно в колесо автомобиля. Достоинства такой конструкции основаны на компактности решения, простоте и как следствие надёжности привода в целом. Применение же электрического привода дает преимущества в вопросах оперативной и точной настройки алгоритма управления.

К основным качественным достоинствами гибридомобилей относят:

- экономная эксплуатация;
- Экологическая чистота;
- хорошие ходовые характеристики;
- увеличение дальности пробега;
- сохранение и повторное использование энергии;
- обычная заправка топливом.

В отличии от гибридов у электромобилей пока есть один большой недостаток — необходимость зарядки аккумулятора. Процесс долгий, и требует некоторого специально оборудованного пункта зарядки. У гибридного автомобиля этот недостаток устранён. Заправка осуществляется по привычной схеме, обычным углеродным топливом, тогда, когда это необходимо, и дальнейшее движение можно немедленно продолжить. В городском цикле эксплуатации гибридный автомобиль 80% времени работает в режиме электромобиля.

Однако, помимо преимуществ данной схемы (два типа двигателя), имеются и недостатки. К ним относятся высокая цена при производстве, гибридные автомобили относительно тяжелы из-за тяжелых батарей и наличия 2-х типов двигателей, установленных в автомобиле, высокая опасность при авариях.

Обобщив, можно сказать что гибридные автомобили обладают как преимуществами, так и недостатками. Вместе с тем перспективность развития данного направления не вызывает сомнения. Автопроизводители ищут способы свести к минимуму технологические и производственные проблемы. Одним из путей в данном направлении является создание возможности оперативного ведения эксперимента по настройке и наладке системы управления электроприводом. Определение оптимальных коэффициентов ПИД регулирования и режимов работы двигателя.

Целью работы являлось создание эффективных способов управления, испытаний и мониторинга электрических приводов автомобиля. Для ее достижения требовалось исследование вариантов решения обозначенной проблемы на современном этапе, создание математической и непосредственно физической модели испытательного стенда, разработки информационного, лингвистического и др. обеспечения, анализ полученных результатов.

## 2. ВУЗ, кафедра или предприятие, на котором внедрено решение.

Владимирский государственный университет имени братьев Столетовых, кафедра «Теплогазоснабжение, вентиляция и гидравлика» (Стариков А.Н., Протягов И.В.

### 3. Описание решения

Универсальность, оперативность и качество экспериментальных исследований параметров электрического привода является трудоемкой задачей, что объясняется сложностью объекта исследования, объемностью методик испытаний и сложностью обработки результатов исследований. В настоящее время существенно расширились возможности по ведению натурного эксперимента. Связь физики процесса и компьютерных технологий является приоритетом в настояще время, и эта тенденция будет неуклонно расти. Основными игроками на рынке разработки и создания оборудования и программ для стендовых испытаний являются фирмы Agilent, Mentor Graphics, Tektronix, Texas Instruments, Arm, National Instruments и др.

Для выбора аппаратной и программной базы по автоматизации ведению испытаний было выбрано оборудование NI. Это объясняется наличием у данного разработчика комплексных решений, от возможности моделирования, разработки и отладки ПО, графическое программирование, лучшая связь с сенсорикой, наличие массы дополнительных пакетов (разработка *.exe приложений, DSC – визуализатор, Vibration - модуль, различные Экспресс-приложения, и др.) Отдельно следует отметить специализированый модуль SoftMotion. С его помощью было разработано специализированное ПО по управлению работой привода. Кроме того, учитывались также наработки коллектива и опыт уже реализованных проектов.




**Рис.1 Коммутация трёхфазного двигателя ДБМ**

В качестве двигателя использовался двигатель ЗДБМ-120-1,6-0,4. Это бесколлекторный низкооборотистый, высокомоментный двигатель Российского производства. По входной информации от датчиков Холла коммутировалось управляющее напряжение на 3 фазы двигателя, рис. 1. Особенность является ,что существуют различные типы коммутаций: 120 и 180 градусная. В динамике добавляется масса обратных связей. Настройка оптимальности в данном случае имеет специфику.

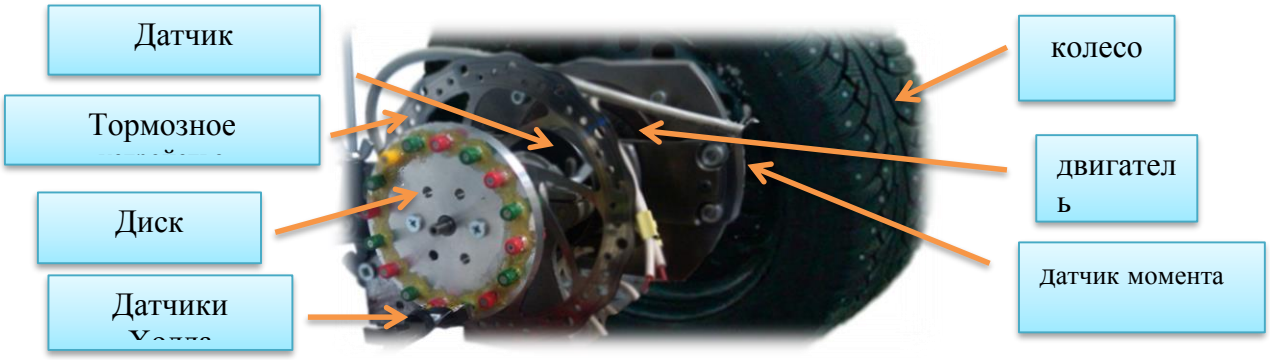



**Рис.2 Испытательный стенд, с применением оборудования Motion**

На рис.2 представлена установка по проведению испытаний функционирования электрического привода и настройки коэффициентов Пропорционально-Интегрально-Дифференциального (ПИД) регулирования. Стенд состоит из двигателя, датчика момента, датчика координаты, тормозного устройства, датчиков Холла (3шт.), лимба-задатчика положения ротора (блок магнитов).

Применение пакета Motion в сочетании с Motion Assistant дало возможность быстро разрабатывать файлы по управлению. При этом накапливается комплекс управляющих файлов,что удобно с позиций оперативности. На рис. 3 представлены элементы разработки управляющих файлов.

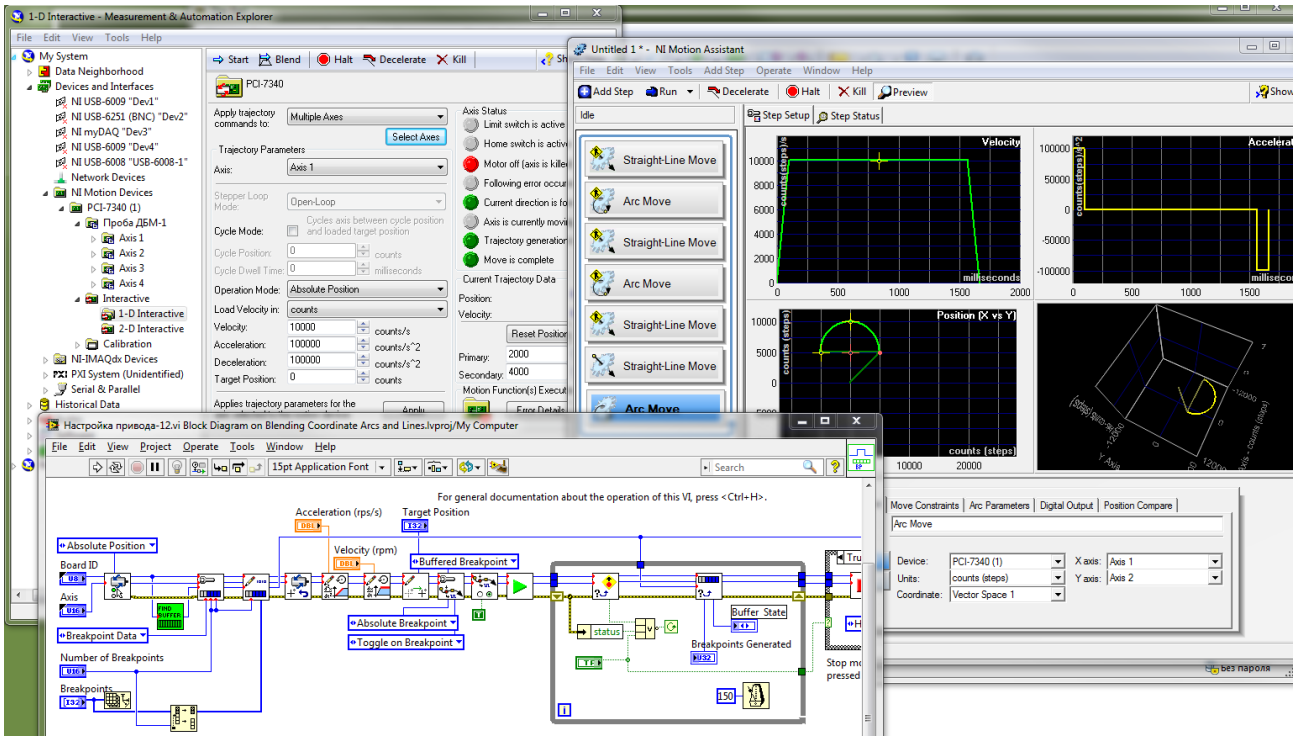



Рис.3 MAX, Motion Assistant, прибор по управлению двигателем

## 4. Используемое оборудование и ПО

- LabVIEW-2011, DIAdem-11, USB-6251;
- NI Motion, PCI-7344, MID-7654;

## 5. Внедрение и развитие решения

Особенностью данной разработки является ведение одновременного комплексного процесса моделирования, испытания, отладки и настройки электропривода с помощью компьютеризированной системы, в качестве которой выступает оборудование Motion. Появляется оперативность, точность настройки и податливость системы управления, как объекта исследований. Помимо интересных исследований, внедрения в учебный процесс, как интересный комплекс лабораторных работ, ставка делается на реальное проектирование привода гибридо- и электромобиля. Стартап предполагается на основе самостоятельногом моделировании Сегвея.

## 6. Библиографический список:

[1]. Motion Control Fundamentals Course Manual, April 2004 Edition, NI, Austin, Texas;

[2]. Теория электропривода: Учебник для вузов. — СПб,: Энергоатомиздат, 1994. — 496 с: ил.;

# РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В LABVIEW РАДИАЛЬНО-БАЗИСНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ (RBF) ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ

К.Ю. Агаян, Е.А. Балакина, А.П. Баранова, А.К. Вяткина, Д.Д. Гришина,
В.А. Лунев, Д.Р. Мухамадияров, С.Х.Нгуен, А.В. Никитин, М.П. Павловская, С.И. Садыков,
Д.Р. Темралиева, Д.Н. Цайклер, В.В. Цой, М.С.Шарипов, Г.Р. Арипов,
С.А. Никулин, В.Г. Ханжин

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*

*Интеллектуальные алгоритмы широко применяются для обработки экспериментальных данных. Одной из таких быстро развивающихся технологий является технология искусственных нейронных сетей. В докладе рассматриваются виртуальные инструменты для проектирования в LabVIEW радиально-базисной нейронной сети RBF, предназначенной для распознавания диагностических сигналов акустической эмиссии при мониторинге конструкций.*

*Ключевые слова: виртуальный нейрон, радиально-базисная нейронная сеть (RBF), акустическая эмиссия, распознавание и классификация сигналов*

## 1. Постановка задачи

Из многих функций интеллектуальных систем, в системах мониторинга широко используется функция распознавания образов. Так, в технологиях акустической эмиссии (АЭ) с помощью функций распознавания в плотных импульсных потоках технологических шумов могут выделяться редкие акустические импульсы характерной формы («диагностические сигналы») [1,2]. Для алгоритмов распознавания часто необходима предварительная настройка программной системы по обучающим выборкам. Например, в технологиях искусственных нейронных сетей (ИНС), обеспечивающих параллельную обработку данных. В работе разрабатываются инструменты для проектирования в LabVIEW нейронной сети на основе базисно - радиальных функций (RBF) для системы акустического мониторинга объектов контроля. В этом типе ИНС в нейронах скрытого слоя используется как активационные функции – функции Гаусса $F = exp\left(-\frac{r^2}{2\sigma^2}\right)$, где σ – ширина функции с отличными от нуля значениями только в окрестности некоторого центра на расстоянии r .

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для реализации системы была использована платформа NI PXI-1042Q. Разработка программного обеспечения для ИНС проводилась в среде графического программирования LabVIEW 2015.

## 3. Описание решения

«Элементарный логический процессор» - виртуальный нейрон в LabVIEW показан на рис.1 Виртуальный инструмент выполняет логическую связку «импликация» («Если…То») и реализован в LabVIEW функциями Compound Arithmetic; Add Array Elements; Greater Than 0?; Boolean To (0,1) [3]. На выходе виртуального нейрона будет единица, если сумма произведений значений массива данных и массива весовых коэффициентов (рис.1) больше нуля. В общем случае искусственный нейрон реализует нелинейную функцию активации от единственного аргумента (вектора) – линейной комбинации всех входных сигналов. Полученный результат передается на единственный выход.

Радиально-базисная сеть на рис. 2 содержит три слоя: 6 нейронов во входном слое для обработки входных данных; 10 нейронов с как радиально-базисной функциями (функциями Гаусса) активации нейронов в скрытом слое, 2 нейрона в выходном слое для суммирования выходов нейронов скрытого слоя.

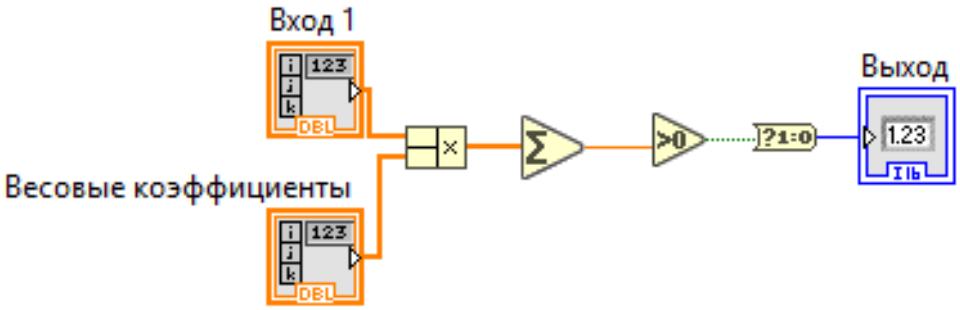



Рис. 1. Блок-диаграмма виртуального нейрона.

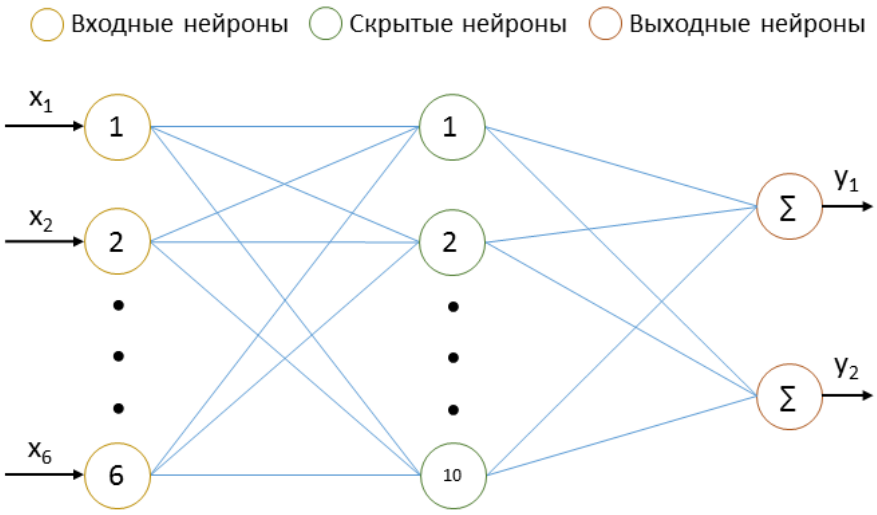



Рис. 2. Архитектура радиально-базисной нейронной сети.

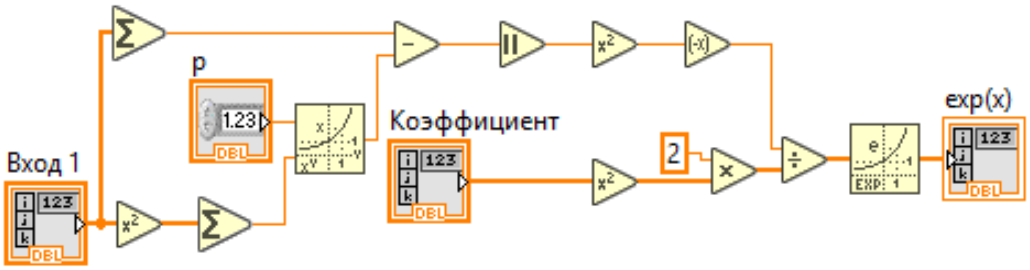



Рис. 3. Блок-диаграмма нейронна из второго (скрытого) слоя RBH с активационной функцией Гаусса.

Блок- диаграмма нейрона скрытого слоя RBF (функции Add Array Elements, Square Function, Subtract Function, Multiply Function, Divide Function, Power Of X Function, Absolute Value Function, Negate Function [3]) показана на рис.3. В блок-диаграмме RBF-сети (рис.4) использованы стандартные виртуальные инструменты LabVIEW. Данные считываются ВИ Read From Measurement File Express, а ВИ Search Waveform и Get Waveform Components передают ко входам нейронов первого слоя данные о форме сигналов АЭ. Весовые коэффициенты берутся (ВИ Read from Text File) из трех текстовых файлов (рис.4). Выбор слоя ИНС осуществляется ВИ Select Signals Express, а для работы с массивами ВИ Spreadsheet String To Array, Index Array Function и Build Array.

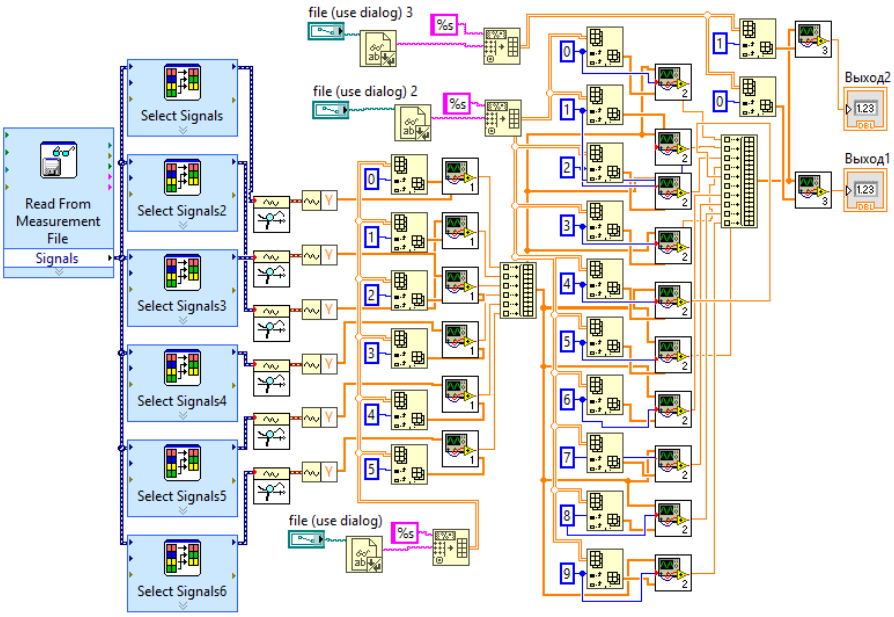



Рис. 4. Блок-диаграмма радиально-базисной нейронной сети в LabVIEW.

## 4. Внедрение и его перспективы

Распознавание диагностических сигналов АЭ в системах акустического мониторинга перспективно с помощью RBF –сети, в которой весовые коэффициенты предварительно подобраны по эталонным выборкам диагностических сигналов. На следующем этапе обработки данных RBF–сети перспективна и для идентификации состояния всего объекта контроля.

Работа выполнена в рамках специальных курсов «Мехатроника» и «Компьютеризация эксперимента» (доцент В.Г. Ханжин) на кафедре Металловедения и Физики прочности Института Новых Материалов и Нанотехнологий НИТУ «МИСиС», при поддержке МинОбрНауки (уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57815X0139).

## 5. Список литературы

[1]. Khanzhin V.G., Shtremel' M.A. Diagnostics of Fracture Processes by Measurements of Acoustic Emission, e-Journal of Nondestructive Testing, 2010, Vol 15, No.9, 24 p.

[2]. Ali Y.H., Rahman R.A., Hamzah R.I. Acoustic Emission Signal Analysis and Artificial Intelligence Techniques in Machine Condition Monitoring and Fault Diagnosis: A Review. Jurnal Teknologi (Sciences & Engineering) 2014, Vol. 69, pp. 121–126

[3]. Суранов А. Я.LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 536 с.

### DEVELOPMENT OF VIRTUAL TOOLS TO DESIGN IN LABVIEW RADIAL BASIS NEURAL NETWORKS (RBF) INTELLIGENT DATA PROCESSING

K.Y. Agayan, E.A. Balakina, A.P. Baranova, A.K. Vyatkina, D.D. Grishina, V.A. Lunev, D.R. Muhamadiyarov, A.V. Nikitin, S.H. Nguen, M.P. Pavlovskaya, S.I. Sadykov, D.R. Temralieva, D.N. Tsaykler, V.V. Tsoy, M.S. Sharipov, G.R. Aripov, S.A. Nikulin, V.G. Khanzhin

*NUST MISiS, Moscow*

*The article discusses the development of virtual tools for the design of radial basis neural networks (RBF), which are used for recognition and classification of acoustic emission signals in their intellectual processing.*

*Keywords: virtual neuron, radial basis neural network (RBF), acoustic emission, detection and classification of signals.*

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ РАСХОДОМЕРОВ

С.Г. Хан, А.Е. Ташибаева

*НАО «Алматинский университет энергетики и связи», г. Алматы, респ. Казахстан*

*В статье обосновывается актуальность создания программно-технического комплекса метрологической поверки расходомеров выщелачивающих растворов, и внедрения оценки неопределенности измерений в Республике Казахстан. Разработана программа оценки неопределенностей измерений электромагнитных расходомеров.*

*Ключевые слова: расходомеры выщелачивающих растворов, электромагнитные расходомеры, кориолисовые расходомеры, оценка неопределенности измерений, программно-технический комплекс метрологической поверки.*

## 1. Постановка задачи

При подземном выщелачивании урана используются большое число электромагнитных расходомеров выщелачивающих растворов (в среднем, на одном руднике число расходомеров колеблется от нескольких сотен до тысячи), подаваемых на закачные скважины геотехнологического поля. Обычный подход и методика метрологической поверки предполагает снятие приборов и поверку датчиков на проливной установке в соответствующих метрологических службах или в метрологических лабораториях на предприятии. После аттестации прибора, он обратно устанавливается на место эксплуатации. При этом подходе метрологического обеспечения датчиков расхода повышаются издержки эксплуатации приборов.

Для новой методики поверки необходимо усовершенствовать узел распределения выщелачивающих растворов (УПВР), где установлены датчики расхода и разработать мобильный программно-технический комплекс метрологической поверки (ПТК МП), включающий эталонный датчик расхода, регулируемый клапан и программируемый контроллер (PLC), обеспечивающие методику поверки датчиков по месту эксплуатации.

Новая методика поверки электромагнитных расходомеров может быть опробована на модернизированных узлах распределения выщелачивающих растворов, в которых параллельно основному трубопроводу подачи выщелачивающего раствора устанавливается дополнительный трубопровод для поверки электромагнитных расходомеров.

Поверка электромагнитных расходомеров осуществляется с помощью эталонного кориолисового расходомера выше классом точности. Методика поверки основывается на методе сличения показаний эталонного и поверяемого расходомерой. Регулируемый клапан эталонного прибора и PLC, входящий в состав ПТК МП позволит автоматизировать процесс поверки прибора во всем диапазоне измерения прибора.

Одной из задач при разработке ПТК МП является разработка программного обеспечения метрологической поверки с оценкой неопределенности измерений расходомеров.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2014.

## 3. Описание решения

Процедура поверки предполагает, что все расходомеры поверяются с помощью поверочной установки не одновременно, а по очереди. При этом, при поверке выбранного расходомера, все остальные электромагнитные расходомеры на узле распределения выщелачивающего раствора работают в штатном режиме.

В разрабатываемой программе использованы значения максимального расхода для электромагнитных расходомеров Sitrans F M MAGFLO 1100, Sitrans F M MAGFLO 3100 различных диаметров условного прохода, установленных на узле распределения выщелачивающего раствора участка № 2 месторождения Буденовское (Республика Казахстан).

По типу А вычисляется стандартная неопределенность, обусловленная источниками неопределенности, имеющими случайный характер.

Поскольку показания эталонного кориолисового расходомера и поверяемого электромагнитного расходомера снимаются одновременно во время проведения поверки, то обозначения номера измерений и номера поверяемой точки аналогичны для кориолисового расходомера.

Математическая модель погрешности электромагнитного расходомера будет выглядеть следующим образом

$$\Delta = \overline{\overline{V}}_{эм} - (\overline{\overline{V}}_{кор} + \Delta_{разр.} + \Delta_{преобраз} + \Delta_{точн.измер.} + \Delta_{стаб} + \Delta_t + \Delta_p), \quad (2)$$

где $\overline{\overline{V}}_{эм}$-среднее арифметическое значение объемного расхода, измеренного электромагнитным расходомером; $\overline{\overline{V}}_{кор}$- среднее арифметическое значение объемного расхода, измеренного кориолисовым расходомером; $\Delta_{точн.измер.}$-точность измерений расхода кориолисового расходомера; $\Delta_{стаб.нуля}$- стабильность нуля кориолисового расходомера; $\Delta_{разр.}$-погрешность последнего разряда кориолисового расходомера; $\Delta_{преобр}$- погрешность преобразователя кориолисового расходомера; $\Delta_t$ - погрешность от влияния колебаний рабочей температуры на нулевую точку первичного преобразователя кориолисового расходомера; $\Delta_p$ - погрешность от влияния колебаний рабочего давления на нулевую точку первичного преобразователя кориолисового расходомера.

По типу В вычисляются стандартные неопределенности, обусловленные источниками неопределенности, имеющими случайный характер. Закон распределения величин внутри границ считают равномерным.

В работе разработанная программа расчета неопределенности измерений поверяемых расходомеров создана в среде графического программирования NI LabVIEW 2014, и содержит следующие вкладки: «Исходные данные поверяемого расходомера (ПР)», «Исходные данные эталонного расходомера (ЭР)» «Неопределенность по типу А эталонного расходомера», «Неопределенность по типу В эталонного расходомера», «Бюджет неопределенности эталонного расходомера», «Результат поверки».

Входными данными для программы являются диаметры условного прохода для эталонного и поверяемого расходомера, результаты измерений массового расхода эталонным расходомером, результаты измерений объемного расхода эталонным расходомером, результаты измерений объемного расхода поверяемым расходомером, значение рабочей температуры среды, а также следующие данные из технической документации на эталонный расходомер:

Выходными данными являются погрешность поверяемого расходомера и неопределенность измерений объемного расхода эталонного расходомера.

Работа программы была протестирована на основе экспериментальных данных, полученных на лабораторном стенде «Исследование расходомеров и счетчиков жидкости» на кафедре «Инженерная кибернетика» АУЭС.

На первой вкладке разработанной программы «Исходные данные поверяемого расходомера» выбирается тип поверяемого расходомера, диаметр его условного прохода, а также вводятся 12 значений объемного расхода, измеренного поверяемым расходомером. При нажатии на кнопку «Расчет среднего арифметического объемного расхода» выводится рассчитанное значение среднего объемного расхода, измеренного счетчиком.

На второй вкладке разработанной программы «Исходные данные эталонного расходомера» выбирается тип эталонного расходомера, диаметр его условного прохода, а также вводятся 12 значений массового расхода, измеренного эталонным расходомером.

Бюджет неопределенности представляет собой результирующую таблицу, содержащую список всех входных переменных $X_1 \ldots X_n$ ,их оценок, вместе с принадлежащими им стандартными неопределенностями измерений $u(X_i)$ и законами их распределения [3].

Заключительный этап включает расчет суммарной и расширенной неопределенностей и вывод результата измерений. Полученный результат измерений массового расхода кориолисового расходомера Optimass 2000,полученный с помощью разработанной программы M =(400 $\pm$ 0,4) т/ч, P=0,95, показывает, что неопределенность измерений составляет 0,4 т/ч или 0,1% от измеренного расхода, что хорошо согласуется с точностью показаний выбранного расходомера: $\pm$0,1% от измеренного расхода + стабильность нулевой точки, и свидетельствует об адекватности принятой математической модели погрешности кориолисового расходомера.

На последней вкладке - «Результат поверки» (рисунок 1) приведено значение погрешности поверяемого расходомера с неопределенностью измерений объемного расхода кориолисовым расходомером.




Рис.1. Интерфейс «Результат поверки»

Расширенная неопределенность погрешности поверяемого расходомера:

$$\Delta = 29{,}175 \pm 0{,}3 \text{ , л/ч.}$$

Результат поверки расходомера:

$$\overline{V} = 286{,}928 \pm 29{,}6 \approx 290 \pm 30 \text{ , л/ч .}$$

**4. Внедрение и его перспективы**

Результаты работы планируется использовать по теме грантового финансирования с дальнейшим внедрением на объектах Казатомпрома.

**5. Список литературы**


[1]. Канаев, А.Т., Конканов, М.Д.Оценка неопределенности при проведении калибровок/ А.Т.Канаев, М.Д.Конканов//Метрология и измерения.-2009.-№ 4.-С.27-28.

[2]. Руководство по выражению неопределенности измерения.Перевод под редакцией В.А.Слаева.-Санкт-Петербург. -1998 г.

[3]. Proline Promass 40 E.Измерительная система измерения массового расхода с низкой стоимостью и базовой функциональностью. Экономичная альтернатива обычным объемным расходомерам. Техническая информация.-2009 г. -36 с.


**DEVELOPMENT OF SOFTWARE-HARDWARE COMPLEX AND METHODOLOGY OF METROLOGICAL VERIFICATION OF FLOWMETER**


S.G. Khan, A.E.Tashibaeva[1]

*Non Profit Joint-Stock Company «Almaty University of Power Engineering and Telecommunications» , Almaty, Kazakhstan*



*The article substantiates the relevance of the software and hardware complex of metrological verification of leach solutions flowmeters, and implementation of evaluation of measurement uncertainty in the Republic of Kazakhstan. A program of evaluation of measurement uncertainty of electromagnetic flowmeters.*



*Keywords: flow of leaching solutions, electromagnetic flowmeter, Coriolis flowmeters, evaluation of measurement uncertainty, the software and hardware complex of metrological verification.*

# СИСТЕМА ДВУХФОТОННОЙ ЛАЗЕРНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ МИКРОСКОПИИ

С.Ю. Маковкин, М.С. Доронин, А.В. Попов

*НИИ Нейронаук, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород*

*В статье рассматривается процесс создания системы двухфотонной лазерной сканирующей микроскопии на основе применения оборудования фирмы National Instruments. Приведена развернутая схема объекта исследований, указаны его основные блоки. Описан процесс испытаний, приведены описания характерного вида сигнала, программного обеспечения и пример выходных получаемых данных.*

*Работа выполнена при финансовой поддержке государства в лице Министерства образования и науки Российской Федерации, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57814X0079. Соглашение о предоставлении субсидии от 28.11.2014 14.578.21.0079 между Министерством образования и науки РФ и ННГУ.*

*Ключевые слова: двухфотонная микроскопия, флуоресцентная микроскопия, PCI-6229, PCI-6110, DAQ*

## 1. Постановка задачи

Микроскоп на сегодняшний день – один из самых широко применяемых научных инструментов. Области его использования широки и разнообразны, и современную экспериментальную науку невозможно представить без методов микроскопии. В биологии и медицине световая микроскопия получила широкое распространение. На настоящий момент современные цифровые камеры и фотодетекторы работают на очень высоких скоростях и позволяют за короткое время получить информацию о структуре объекта в цифровом формате. Развитие компьютерной техники и программ для анализа изображения позволяет управлять микроскопом для проведения точных пространственных измерений, а также проводить сложные количественные измерения с высокой точностью.

Использование двухфотонной микроскопии позволяет проводить исследования на живых образцах с минимальным повреждением ткани. Кроме того, двухфотонная микроскопия обладает высоким разрешением, близким к дифракционному пределу, и способностью визуализировать образцы на глубине до 1 мм, следовательно, при разработке метода построения оптического пути необходимо руководствоваться принципами работы двухфотонной микроскопии. Данный метод используется, например, для визуализации дендритных шипиков нейронов и астроцитарных отростков.

Приложение поддерживает работу как гальванометрического сканера (пара зеркальных гальванометров – «galvo/galvo»), так и резонансного сканера (комбинация зеркального и резонансного гальванометров – «resonant/galvo»). Возможна также одновременная работа обоих типов сканеров с двумя лазерными путями для проведения экспериментов по визуализации и фотостимуляции (точечный анкейджинг).

При сканировании приложение использует продукты компании «Cambridge Technology» и «National Instruments». Для реализации сканирования кроме непосредственно гальванометров, драйверов и контроллеров («Cambridge Technology»), необходимы следующие составляющие («National Instruments»): шасси/контроллер, скан управления, АЦП: двухканальный или четырёхканальный, программируемые модули разной скорости съёмки данных: PCI-6229 и PCI-6110.

Работа посвящена разработке программного обеспечения микроскопа, а именно управлению сканерами и считываю значений флуоресценции с биологических образцов на основе применения оборудования фирмы National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования Mathworks MATLAB 2015a с модулем MATLAB Data Acquisition Toolbox. Для реализации системы была использована платформа NI PCI с устройствами PCI-6229 и PCI-6110.

## 3. Описание решения

Структурная схема системы сканирующей микроскопии и её внешний вид представлен на рис. 1.

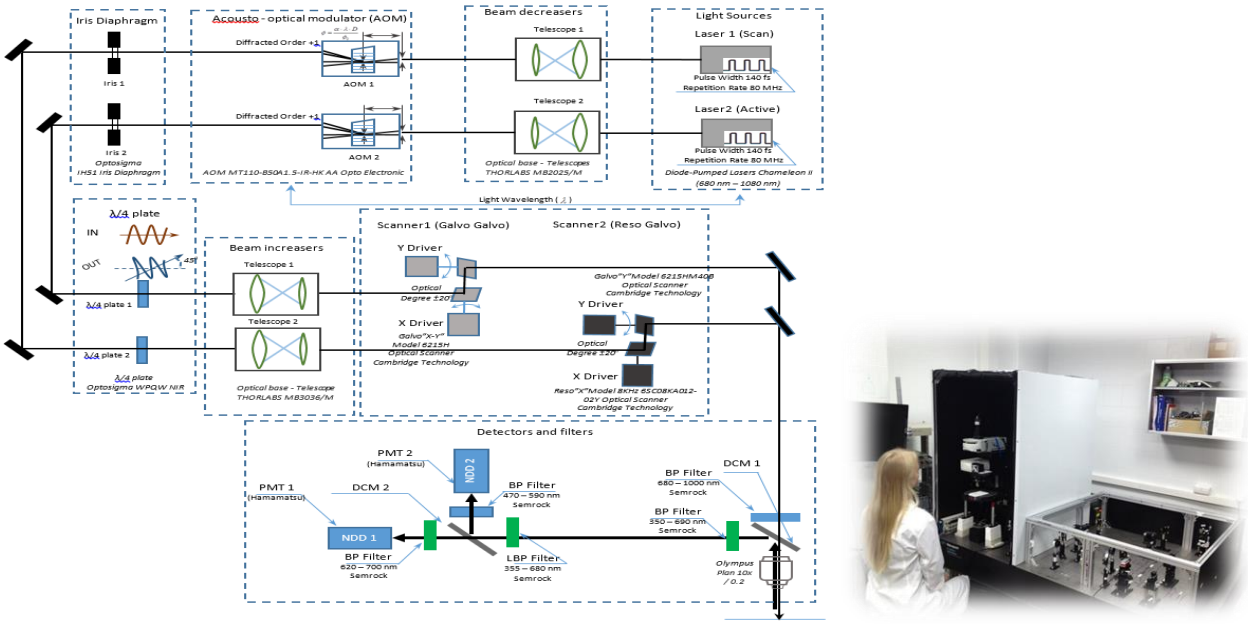



Рис. 1. Структурная схема системы и её внешний вид.

На общей схеме микроскопа показан путь от источников света (ИК фемптосекундных лазеров), до образца с флуоресцентным красителем. Уменьшители пучка (телескоп 1, 2) необходимы для настройки работы акусто-оптического модулятора, который в зависимости от ширины входящего пучка, и расстояния с помощью дифракции раскладывает поток на порядки. AOM необходим для управления мощностью лазерного излучения, так как при избыточной мощности образец может выгореть.

Четверть волновая пластинка необходима для защиты лазеров и AOMa от переотраженного потока.

Увеличители потока необходимы, чтобы полностью заполнить заднюю апертуру объектива, для оптимального сканирования. Два типа сканеров «galvo-galvo» и «reso-galvo», обеспечивают перемещение по X-Y, для сканирующего и активирующего оптического пути.

Далее два оптических пути совмещаются в одну точку и проходя сквозь фильтр, и дихроическое зеркало попадают в заднюю апертуру объектива, и потом не образец.

Активированная молекула флуорофора захватывается объективом и отражаясь от дихроического зеркала проходит сквозь систему фильтров, разделяется на два потока и попадает на фотоумножители.

Далее сигнал преобразуется с помощью плат National Instruments и выводится на компьютер.

На рис. 2 представлена структурная схема ПО для управления лазерным сканирующим микроскопом. Первый релиз вышел в конце 2015 года. AMAScan оптимизирован для получения изображений нейронов и астроцитов с использованием сенсорной стимуляции с помощью манипуляторв и/или в области электрофизиологии.

Характеристики сканирования сделующие:

Galvo Scanning (~1 kHz line rate)

Resonant Scanning (16 kHz line rate)

Поддержка MATLAB 2015a и NI DAQmx 16.0

Управление Z-подвижкой

XY-масштабирование и калибровка

Расширение до четырёх фотоумножителей

На рис. 3 представлен внешний вид программы. На рис. 4 показаны типичные изображения, получаемые с помощью программы. Изображен фрагмент бумаги, смоченный с помощью флуоресцентного красителя Alexa 594.

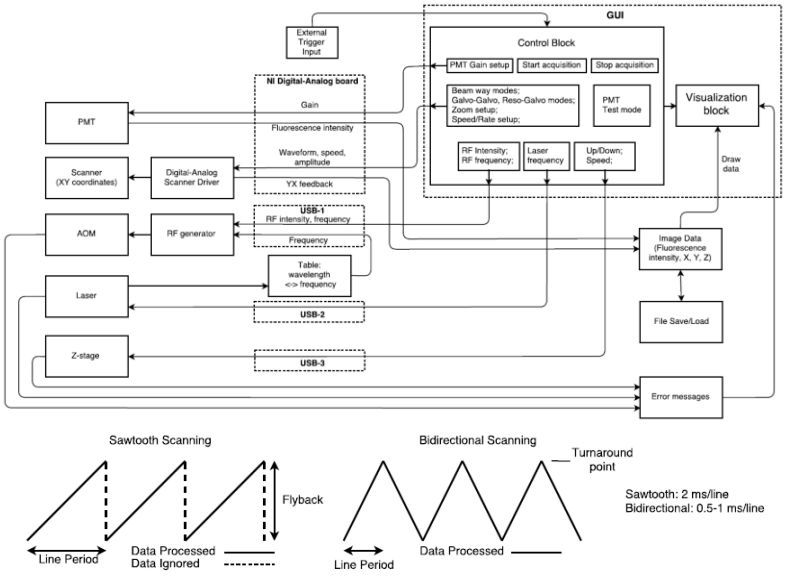



Рис. 2. Блок-схема взаимодействия частей программы.

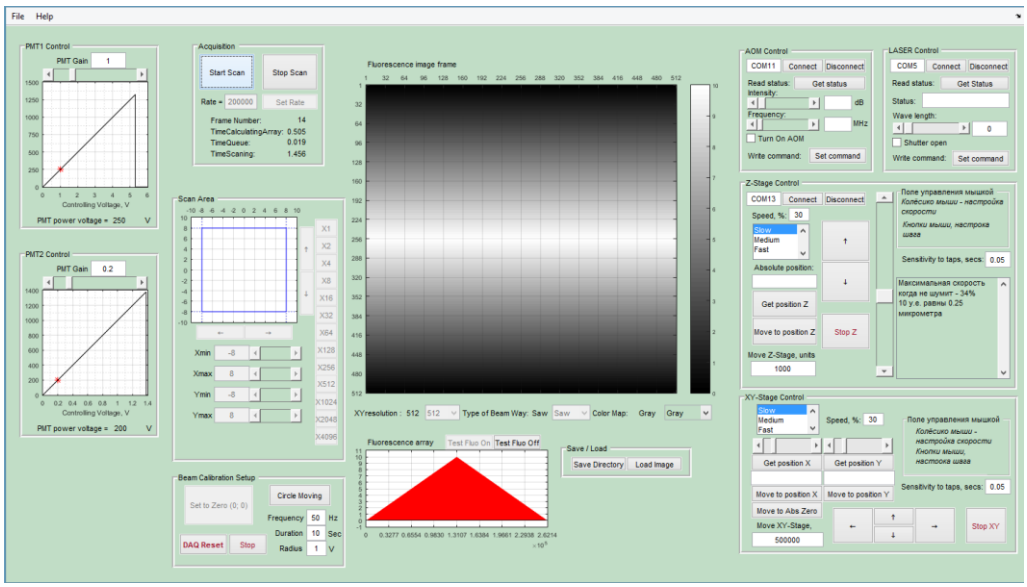



Рис. 3. Внешний вид программы

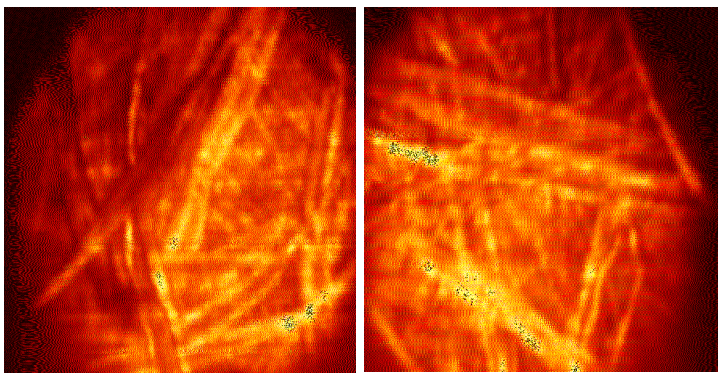


Рис. 4. Результат работы программы: изображение структуры волокон бумаги, пропитанной флуоресцентным красителем Alexa 594.

**4. Внедрение и его перспективы**

Собственная двухфотонная система лазерной сканирующей микроскопии позволит проводить фундаментальные исследования функционирования мозга, а также разрабатывать и тестировать фармакологические препараты, проводить физические исследования. Создание такой системы позволит не только выполнять научные задачи коллектива Нейронаучного центра ННГУ им. Н.И. Лобачевского, но и может быть востребовано другими научными центрами на территории Российской Федерации и за рубежом. В первую очередь, создание двухфотонной системы может заинтересовать лаборатории, находящиеся в сотрудничестве с Нейронаучным центром.

**5. Список литературы**


[1]. Феофанов А.В. Спектральная лазерная сканирующая конфокальная микроскопия в биологических исследованиях //Успехи биол. химии.-2007.-№ 47.-С. 371–410.

[2]. Штейн Г.И. Руководство по конфокальной микроскопии. СПб: ИНЦ РАН, 2007.-77 с.

[3]. Лежнев Э.И., Попова И.И., Кузьмин С.В., Слащев С.М. Конфокальная лазерная сканирующая микроскопия: принципы, устройство, применение // Научное приборостроение.–2001.-Т.11.-№2.-С. 3-20.

[4]. Бережнов А.В. Применение флуоресцентной микроскопии в исследованиях динамики Ca 2+ в клетках / Бережнов А.В., Зинченко В.П., Федотова Е.И., Яшин В.А. - Пущино, 2007. - 65 с.

[5]. Handbook of biological confocal microscopy / Ed. by Pawley J.B.-N.Y:Springer, 2006.- 985 p.

[6]. Мухитов А.Р. Современная световая микроскопия в биологических и медицинских исследованиях / Мухитов А.Р., Архипова С.С., Никольский Е.Е. – М.: Наука, 2011. – 140 с.


**THE IMPLEMENTATION OF THE COST-EFFECTIVE AND ADAPTIVE TWO-PHOTON MICROSCOPE FOR NEUROSCIENCE**


S.Yu. Makovkin, M.S. Doronin, A.V. Popov

*Institute of Neuroscience, Lobachevsky State University of Nizhny Novgorod,Nizhny Novgorod, Russia.*



*Two-photon microscopy plays an important role in studies of the brain functioning. Particularly, it enables to visualize with a high and spatial resolution such crucial processes of neuronal functioning as changes of membrane potential (voltage-sensitive imaging) or alterations of calcium concentration (calcium imaging). Additionally, two-photon microscopy produces a relatively low photodamage to the tissue and allows to conduct relatively long measurements without significantly affecting the cell functioning not only in vitro, but also in vivo. For the last two decades, two-photon microscopy served a key role in the progress of neuroscience. However, commercial versions of microscopes usually are expensive and difficult to adapt for highly specific tasks. The commercially build software that controls the parts on a two-photon system has great limitations for rearrangements and adaptation for a particular experimental tasks as well as the hardware of such systems.*

*Therefore, our goal was to create a custom two-photon microscope, equipped with two adjustable two-photon femtosecond lasers (680 – 1080 nm) controlled by custom-made software. That is enable us to visualize neurons with high spatial-temporal characteristics and to stimulate locally with the high precision individual synapses (dendritic spines) by glutamate uncaging, e.g. MNI-caged-L-glutamate. Additionally, that provide us with a direct access to the modification and easy access to the program code, that can be quickly adjusted to our specific tasks, such as monitoring of local calcium events in neurons and astrocytes, which requires high sensitivity and efficiency of the system. In order to achieve that, the localization of the photomultiplier was optimized by placing it maximally close to the objective, that greatly reduces the number of lost photons and represents a distinct feature of this microscope. Another a key feature of this microscope is the custom-made software, that is highly adjustable and has been optimized for specific tasks in vitro and in vivo.*

*As a result , the custom-made two-photon microscope represents a highly efficient, purpose-built and cost-effective system, that is remarkably useful for conducting experimental procedures in vitro and in vivo in order to investigate the brain functioning.*



*The work is performed with financial support of the state represented by the Ministry of Education and Science of the Russian Federation, the unique identifier of the project is RFMEFI57814X0079 project, the agreement on granting a subsidy 14.578.21.0079 dated 28.11.2014 between the Ministry of Education and Science of the Russian Federation and UNN.*

*Keywords: two-photon microscopy, laser scanning, neuroscience, PCI-6229, PCI-6110, DAQ*

# СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

Р.М. Галаган, А.С. Момот

*НТУУ «КПИ», Украина, г. Киев,*

*Статья посвящена разработке автоматизированной системы контроля композитных материалов с применением метода свободных колебаний. Для классификации дефектов предложено использовать нейронную сеть АРТ-2. Описаны алгоритм функционирования и программное обеспечение.*

*Ключевые слова: метод свободных колебаний, нейронная сеть, композитный материал, контроль*

**1. Постановка задачи**

Развитие существующих технологий неразрушающего контроля (НК) в большинстве отраслей промышленности основывается на углублении знаний по использованию новых материалов при изготовлении первичных преобразователей и методов обработки измерительной информации. Последнее направление особенно актуально в отношении тех методов НК, которые применяются для контроля напряженно-деформированного состояния, определения физико-механических характеристик материалов, оценки структуры материалов, распознавания и автоматической классификация типов дефектов. В этом случае при оценке результатов контроля возникает сложность, связанная с интерпретацией информационных сигналов, поскольку получаемая информация о результатах контроля не всегда однозначна, информационные сигналы зашумлены, или в лучшем случае их амплитуда соизмерима с уровнем помех.

Особенно актуальна эта проблема при использовании низкочастотных акустических методов контроля, широко применяемых при исследовании технического состояния композитных материалов (КМ) [1]. В частности, для контроля КМ используется метод свободных колебаний (МСК), который основан на анализе характеристик свободных колебаний изделия, вибрирующего после удара [2].

Работа посвящена созданию автоматизированной системы контроля композитных материалов методом свободных колебаний с применением нейросетевых технологий, при этом основой системы является персональный компьютер (ноутбук) и программное обеспечение фирмы National Instruments.

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2014. В качестве вычислительного блока использовался персональный компьютер с установленной системой Windows и встроенной звуковой картой. Датчик для возбуждения и приёма информативных сигналов был создан самостоятельно.

**3. Описание решения**

Существующие системы контроля, использующие МСК, не позволяют решать задачу классификации (кластерного анализа) в автоматическом режиме, что снижает их эффективность; не позволяют быстро вносить в память системы информацию о новых классах (объектах или дефектах); не позволяют расширять собственную базу знаний без пересчета всех параметров системы распознавания.

В последние десятилетия стремительно развивается новая прикладная область математики, специализирующаяся на искусственных нейронных сетях. Актуальность исследований в этом направлении подтверждается массой различных практических применений. Это автоматизация процессов распознавания образов, адаптивное управление, аппроксимация функционалов, прогнозирование, создание экспертных систем, организация ассоциативной памяти и т.д. [3] В задачах неразрушающего контроля очевидное применение нейронных сетей - это распознавание дефектов по сигналам прибора неразрушающего контроля.

Анализ различных архитектур нейронных сетей показал, что для автоматического анализа данных, полученных в результате контроля с применением МСК, могут быть использованы сети АРТ-2 и Fuzzy-ART.

Нейронные сети АРТ-2 и Fuzzy-ART имеют такие преимущества: возможность работы с информационными сигналами без предварительной обработки (отбор и формирование пространства диагностических признаков), в качестве информационного параметра может использоваться форма сигнала, стабильность запоминаемой информации и возможность динамически расширять собственную базу знаний, высокое разрешение при классификации данных и т.п.

По результатам анализа существующих программных средств для работы с нейронными сетями были выбраны оптимальные пакеты для создания виртуального прибора для контроля МСК и автоматической классификации дефектов. Высокий уровень интеграции языка MATLAB и программы NI LabVIEW позволил реализовать модель нейронной сети АРТ-2 с помощью именно этих программ.

Для создания системы контроля методом свободных колебаний разработан преобразователь, содержащий в корпусе индентор (на основе соленоида от фирмы Sparkfun (рис. 1)) и микрофонный приемник сигналов (электретный микрофон WM-62A, что имеет компактные размеры и равномерную амплитудно-частотную характеристику). Микрофон подключен к линейному входу компьютера (ноутбука), что позволяет использовать звуковую карту в качестве АЦП и принимать и обрабатывать данные непосредственно в LabVIEW [4].



Рис. 1. Ударный вибратор Sparkfun

Интерфейс виртуального прибора разработанной системы представлен на рисунке 2. Имеются элементы для управления периодом обновления или длиной реализации (длительностью окна). Для повышения точности и стабильности системы предусмотрена возможность выбора шага усреднения результатов измерений.

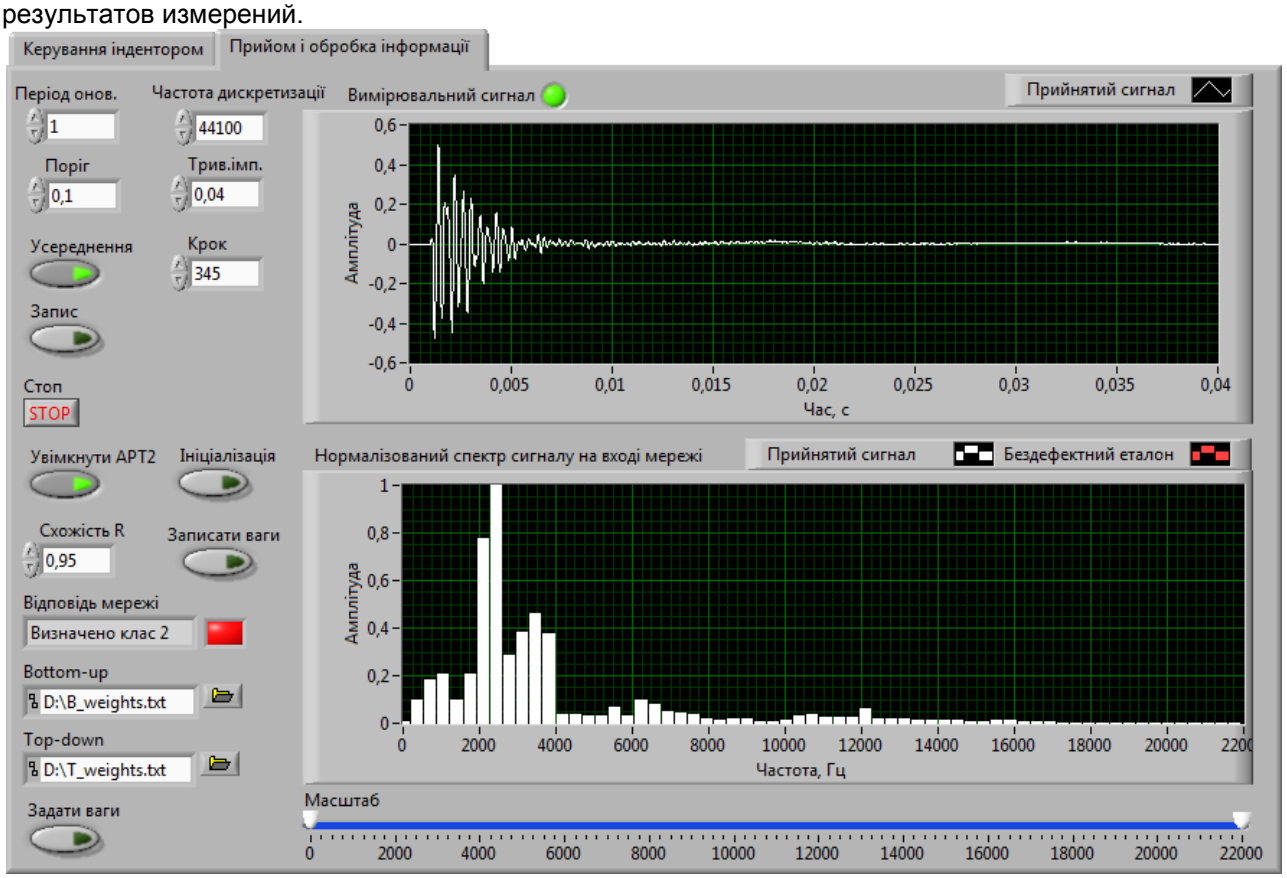



Рис. 2. Интерфейс системы

Для получения амплитудного спектра сигнала используется функция быстрого преобразования Фурье. В системе реализована возможность изменять количество каналов в спектре путем управления шагом усреднения. При шаге 345 имеем 64 канала, что является оптимальным вариантом для проведения контроля МСК. Предусмотрена возможность изменять масштаб оси частот спектра, что

позволяет более детально рассматривать наиболее информативные его участки. Для ведения отчетности система позволяет записывать полученный спектр в файл.

С помощью специального блока элементов управления осуществляется управление работой и параметрами нейронной сети. В частности, данный блок позволяет:

- включить / выключить нейронную сеть;
- провести инициализацию или перезагрузку всех параметров сети;
- задать параметр сходства R;
- записать текущие значения синаптических весов, что позволяет создавать и хранить базу классов дефектов;
- загрузить значения синаптических весов.

Система была протестирована на образцах с различными дефектами. При этом при появлении новых дефектов нейронная сеть создавала новые классы. Использование нейросети АРТ-2 позволило повысить адаптивность системы контроля, а также создать возможность автоматического обучения и добавления в память классификатора новой информации о типах дефектов, которые ранее не встречались.

**4. Внедрение и его перспективы**

Система используется для проведения лабораторных исследований на кафедре Приборов и систем неразрушающего контроля НТУУ «КПИ» (г. Киев, Украина). Особое внимание заслуживает перспектива внедрения данной разработки на заводах авиационной промышленности, поскольку при производстве современных самолётов применяется значительное количество сотовых конструкций.

**5. Список литературы**


[1]. Барынин В. А. Современные технологии неразрушающего контроля конструкций из полимерных композиционных материалов. – М.: Спектр, 2013. – 242 с.

[2]. Клюев В. В. Неразрушающий контроль. Справочник в 7 т. Т.3. / В. В. Клюев, И. Н. Ермолов, Ю. В. Ланге. – М: Машиностроение, 2004. – 864 с.

[3]. Барский А. Б. Нейронные сети: распознавание, управление, принятие решений. / А.Б. Барский. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 176 с.

[4]. Федосов В.П. Цифровая обработка сигналов в LabView: учеб. пособие / В.П. Федосов, А.К. Нестеренко– М.: ДМК Пресс, 2007. – 456 с.


**SYSTEM FOR TESTING OF COMPOSITE MATERIALS WITH THE USE TECHNOLOGY OF NEURAL NETWORKS**


R.M. Galagan, A.S. Momot

*NTUU "KPI", Kiev, Ukraine*



*The article is devoted to the development of automated monitoring system of composite materials using the method of free oscillations. For the classification of defects is proposed to use a neural network ART-2. Described algorithm and software operation.*



*Keywords: method of free oscillations, neural network, composite material, testing*

# СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ МАЛЫХ СКОРОСТЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ LABVIEW

Р.Ш. Загидуллин[1], В.И. Колмаков[2]

*[2]МГТУ им. Н.Э. Баумана г. Москва*

*В данном докладе рассматривается разработка системы определения скорости перемещения объекта, с установленной на нем WEB камерой. Программное обеспечение было реализовано в среде LabVIEW. Принцип работы состоит в обработке двух последовательных кадров и их корреляционной обработке.*

*Ключевые слова: LabVIEW, IMAQ Vision, машинное зрение, анализ изображения, корреляция.*

## 1. Постановка задачи.

Система на основе анализа изображения позволяет определять скорость перемещения объекта с установленной на нем WEB камерой при помощи корреляционной обработки данных видео ряда. Этот способ актуален для точного определения диапазона от малых скоростей перемещения до значительных. Применение системы возможно в робототехнике и других направлениях, где широко используется машинное зрение, а в представляемой работе ее предполагается использовать в исследовании взаимодействия колесного движителя с поверхностью, покрытой слоем льда на физической модели автомобиля с электромеханической трансмиссией

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 11 с модулем NI Vision. В качестве WEB камеры использовалась камера Defender G-lens 323-I.

## 3. Описание решения

Работа программы определялась в несколько этапов. На первом этапе производится съемка подстилающей поверхности. Далее из ряда кадров выбираются два последовательных изображения. После преобразования изображения в матрицу кадра происходит непрерывный сдвиг матрицы первого изображения и производится сравнение со вторым кадром для определения наибольшего коэффициента корреляции (Рисунок 1). При полном совпадении кадров матрицы программа определяет наибольший коэффициент. Смещение в пикселях соответствует расстоянию, пройденному между кадрами. Учитывая это расстояние, уже в линейных размерах, и время между изображениями находится и скорость передвижения объекта.

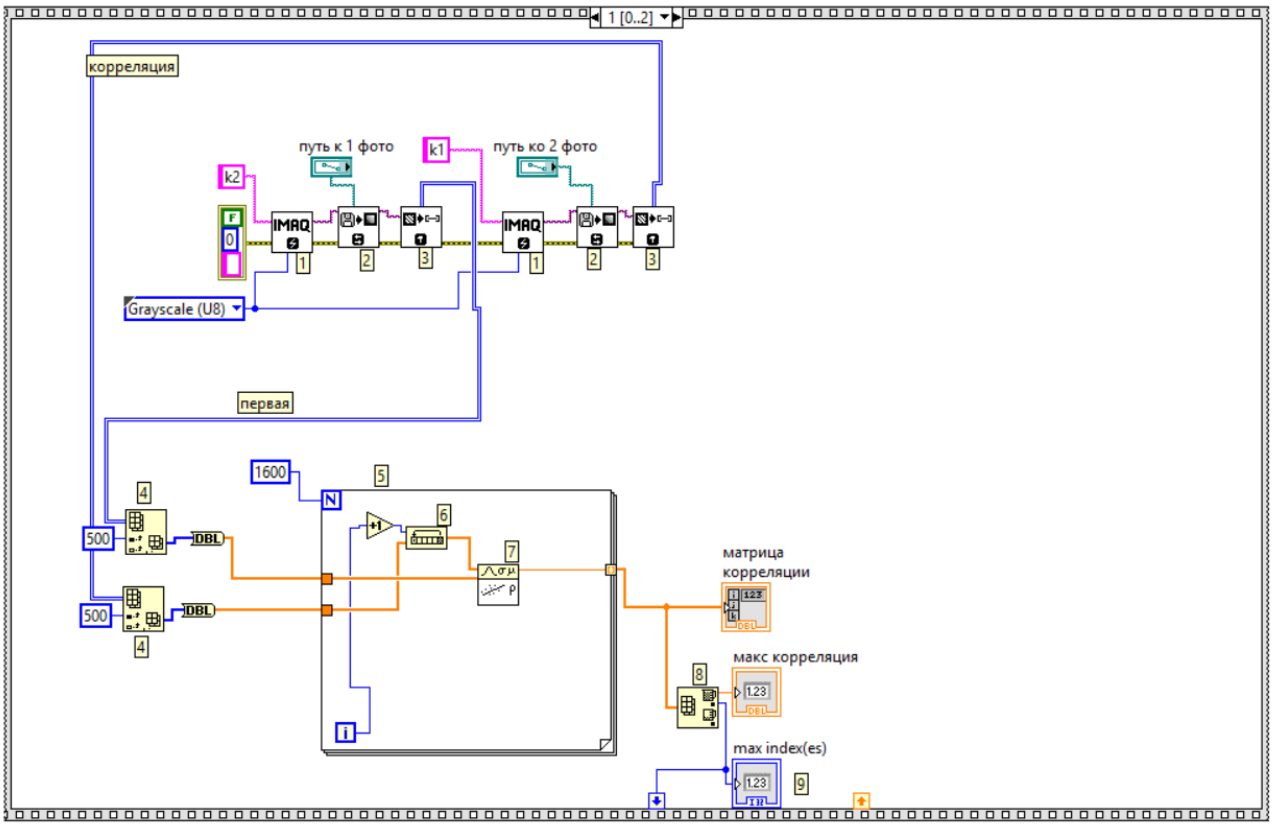



Рисунок 1. Код программы поиска расстояния между снимками.

Для задания соответствия разницы в пикселях реальному физическому расстоянию необходимо провести калибровку системы и получить соответствие пиксел - метр. Для этого была использована программа калибровки камеры в системе.

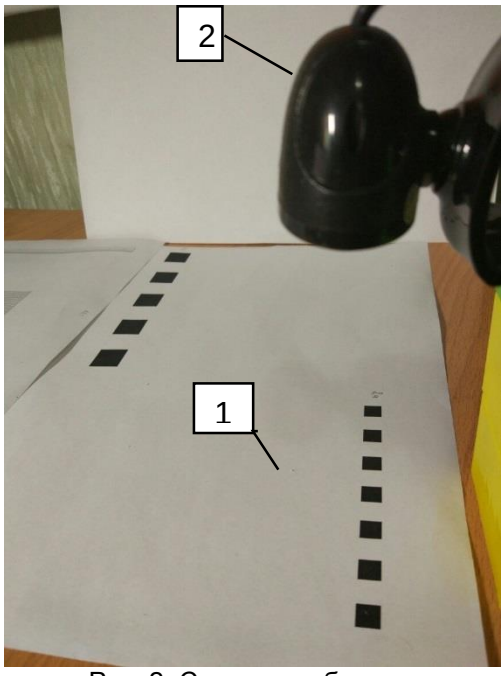



Рис. 2. Схема калибровки.

На рисунке 2 представлены: 1 – шаблон для калибровки; 2- камера.

Принцип калибровки состоит в следующем:

Производится съемка определенного заготовленного шаблона (1), на котором уже известно реальное расстояние между черными квадратами.

Вручную выделяется один или несколько квадратов и находится расстояние между ними в пиксельном масштабе,

Далее делится известное значение расстояния в метрах на количество пикселей.

Полученная градуировка вносится в основную программу. Калибровку необходимо проводить каждый раз при изменении положения камеры.

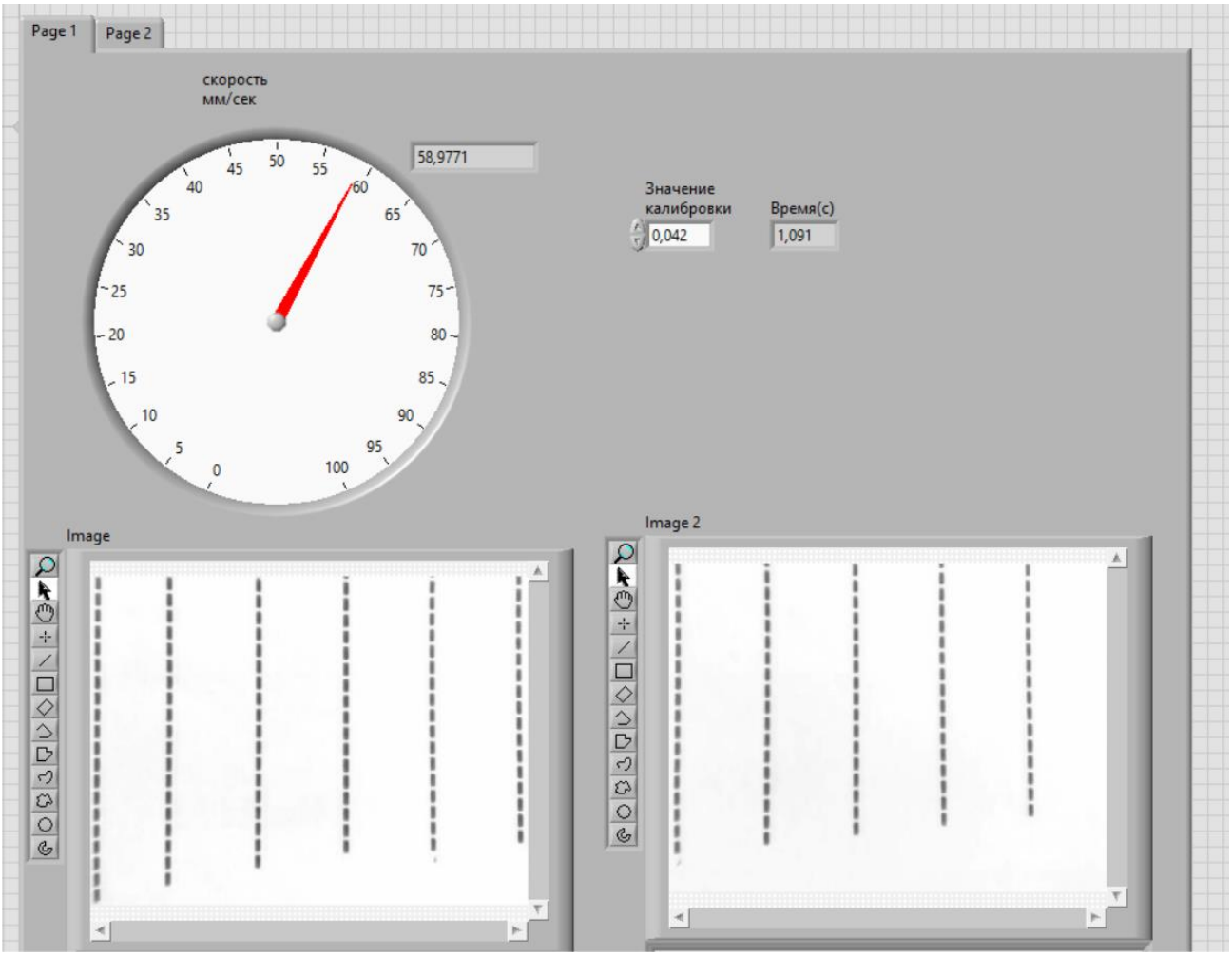



Рис. 3. Пример полученных данных измерения.

При фиксированном положении камеры и при перемещении ее на определенное расстояние (в экспериментах это было 65 мм) за время равное 1.091(с) скорость определялась как58,977(мм/с) (рис.3). Присутствие небольших погрешностей обусловлено не идеальностью системы перемещения и неоднородностью светового фона.

**4. Перспективы**

Определение скорости данным методом имеет ряд преимуществ:

1. Большая точность измерения. Чем выше разрешение камеры, тем плотнее и меньше пиксели, поэтому даже при незначительном смещении камеры, при которых обычные способы измерения имеют большую погрешность, можно с достаточно большой точностью определить скорость.

2. Невысокая стоимость оборудования. Высокоскоростные камеры намного дешевле, чем высокоточное оборудование для измерения скорости.

**5. Список литературы**:


1. Трэвис Дж., Кринг Дж. LabVIEW для всех. – М.:ДМК-Пресс, 2008. – 880 с.

2. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. – М.:ДМК-Пресс, 2007. – 536 с.

3. Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Князь В.А., Ходарев А.Н., Моржин А.В. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision. – М.: ДМК Пресс, 2007. – 464 с.


## SYSTEM OF REGISTRATION OF SMALL SPEEDS ON THE BASIS OF THE ANALYSIS OF IMAGE LABVIEW


Zagidullin R.S, V.I. Kolmakov[1]

[1]BMSTU Bauman Moscow State Technical University



*This report examines the development of the system of determination of the travel speed of the camera on the received pictures. The program has been written in LabVIEW. The principle of work is to process two consecutive photos and to displace one towards the other with a view to find the greatest coefficient of coincidence.*



*Ke**y**words: LabVIEW, IMAQ Vision, computer vision, image analysis, correlation.*

# СИСТЕМА СБОРА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПЧЕЛИНОГО УЛЬЯ

Т.И. Каримов[1], Д. А. Белкин[1], А.С. Топорская[1], Т.С. Севастьянова[1]

*1. СПбГЭТУ «ЛЭТИ»,г. Санкт-Петербург*

*В докладе рассмотрена проблема низкого уровня автоматизации пчеловодства. Показаны возможные способы повышения степени информатизации путем внедрения автоматизированной системы мониторинга ульев. Описан процесс создания одного из компонентов подобной системы – модуля сбора биометрических данных пчелиного улья на базе платформы NI PXI. Рассмотрен комплекс виртуальных приборов, обеспечивающих чтение и запись разнородной информации на примере освещенности помещения для зимовки.*

*Ключевые слова: автоматизация сельского хозяйства, сбор данных, PXI, пчеловодство, LabVIEW, DAQmx.*

## 1. Постановка задачи

Пчеловодство является крайне трудоемкой и слабо информатизированной отраслью сельского хозяйства. Необходимость в постоянном мониторинге множества ульев, расположенных на разных удаленных точках, делает затруднительным увеличение масштабов пасеки выше определенного предела. Стратегическая роль пчеловодства заключается не только в производстве меда, но и в опылении цветковых сельскохозяйственных культур. Использование пестицидов и иных химикатов при выращивании культурных растений негативно влияет на жизнедеятельность пчел, однако точные масштабы такого воздействия остаются невыясненными [1]. Кроме того, ряд малоисследованных патологий медоносных пчел, таких как синдром разрушения пчелиных семей, оказывает глобальное влияние на пчеловодство, снижая его рентабельность и создавая экономические риски для пчеловодов. Автоматизация мониторинга состояния ульев в сочетании с методами сбора и обработки больших объемов статистики позволит снизить трудозатраты пчеловодов и уменьшить себестоимость меда. Также важнейшим является вопрос получения и обработки больших объемов биометрических данных пчелиных семей для апиологических исследований, в т.ч. оценки влияния химикатов на биологическую активность медоносных пчел.

Работа посвящена разработке системы сбора данных о состоянии пчелиного улья для осуществления первичного автоматизированного мониторинга параметров пчелиной семьи. На первом этапе был создан прототип системы для мониторинга одного улья с целью сбора статистической информации о процессах, протекающих в семье во время зимовки, и разработки способов обнаружения нештатных ситуаций, влияющих на жизнедеятельность улья.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для системы сбора данных производилось в среде программирования NI LabVIEW 2015sp1. Аппаратная часть системы мониторинга была разработана на основе платформы NI PXI-1042 с платами сбора данных NI PXI 6123 и NI PXI-7833R.

## 3. Описание решения

К различным биометрическим показателям, характеризующим состояние улья, можно отнести массу улья, акустические шумы пчел, температуру, влажность и ряд других параметров [2]. Наиболее удобными для измерения и одновременно наиболее информативными параметрами являются масса улья и акустические шумы. Последние представлены внутриульевыми шумами и звуками, издаваемыми пчелами при отлете и прилете в улей. Кроме того, ряд показателей окружающей среды, таких как температура, влажность воздуха вокруг улья и освещенность точка играют роль при создании экспертной системы определения критических ситуаций.

Создаваемая установка представляет собой весы-платформу, на которую устанавливается улей. Платформа содержит несколько тензодатчиков, показания которых служат для измерения массы улья. Точность определения массы в настоящий момент составляет около 500 г. , в дальнейшем предполагается улучшение данного параметра. Масса исследуемого улья может варьироваться от 2 до 120 килограмм. Кроме того, планируется установка на платформу комплекта сенсорных элементов для измерения параметров внешней среды: температуры, влажности, освещенности. Последний параметр особенно важен при зимовке ульев в помещении. Сбор акустических данных производится при помощи контактных звукоснимателей, прижатых к стенкам улья жгутом из бензомаслостойкой резины, устойчивой к УФ-излучению. Полистироловый корпус улья выступает резонатором для внутренних шумов. Сбор данных производится с помощью платы сбора данных NI PXI 6123.

Виртуальный прибор записи сигналов (рис. 1) осуществляет получение данных от датчиков и их запись в TDMS файл. Формат TDMS был выбран в качестве основного способа хранения данных из-за высокой степени интеграции в инфраструктуру NI и малых накладных расходах на хранение.

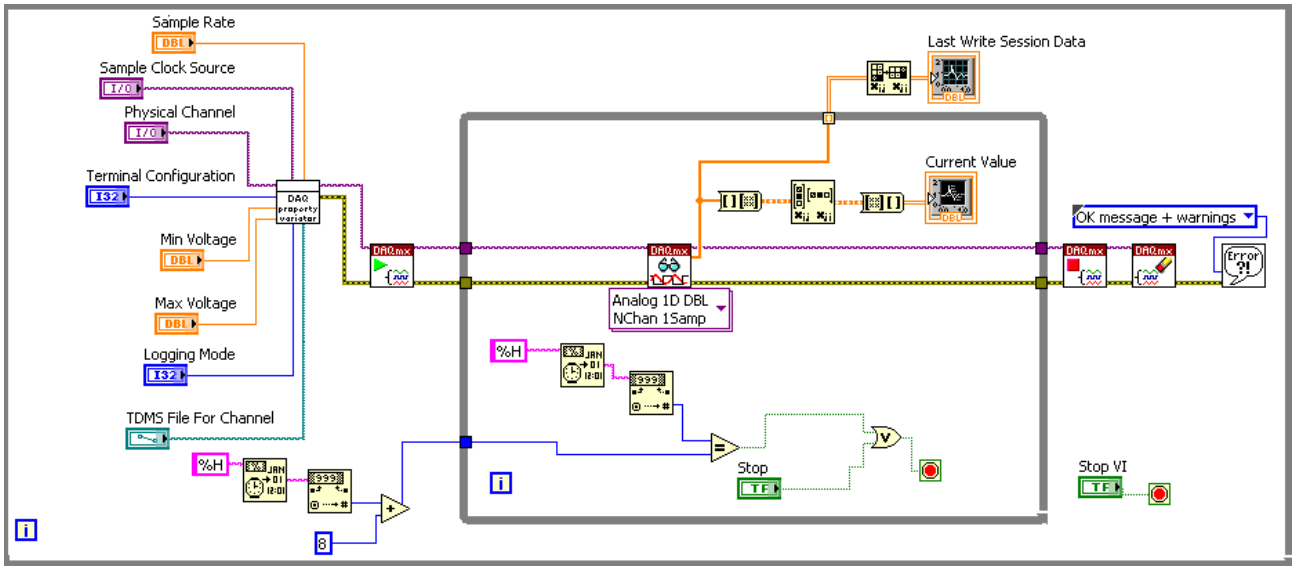



Рисунок 2 Блок-диаграмма виртуального прибора сбора и записи на диск данных

Прибор производит запись входного сигнала в непрерывном режиме, разделяя входной сигнал на файлы, каждый из которых содержит 8 часов сигнала. Возможна одновременная запись до восьми разнородных параметров.

Ввиду окончания медосбора к моменту готовности прототипа, программно-аппаратный комплекс испытывался при решении задачи измерения освещенности помещения для зимовки ульев. График результатов измерений освещенности помещения представлен на рис. 2. На нем можно легко выделить значимые события

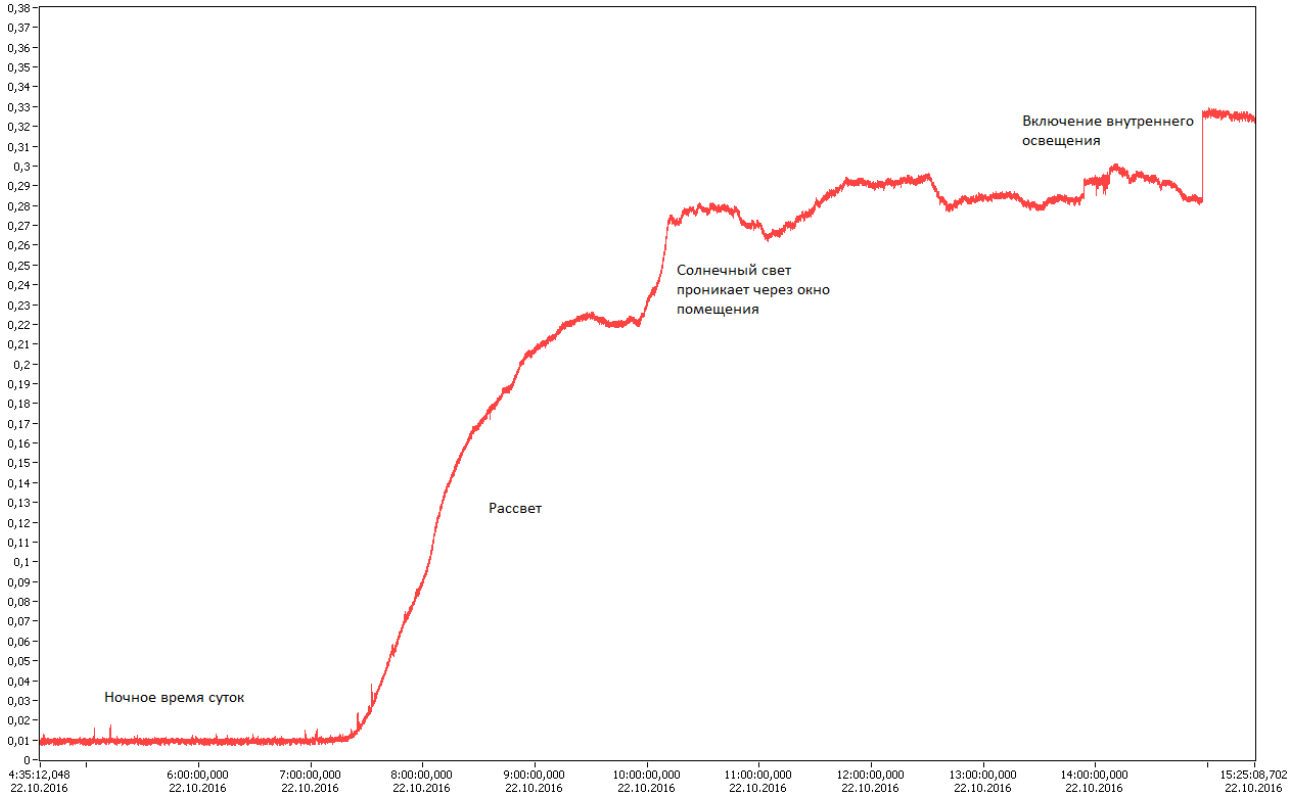



Рисунок 3 График освещенности помещения для зимовки ульев

Другой компонентой разработанного решения является прибор, осуществляющий чтение ранее записанных TDMS файлов с возможностью выборки по времени и визуализации считанных данных. Лицевая панель прибора приведена на рис. 3.

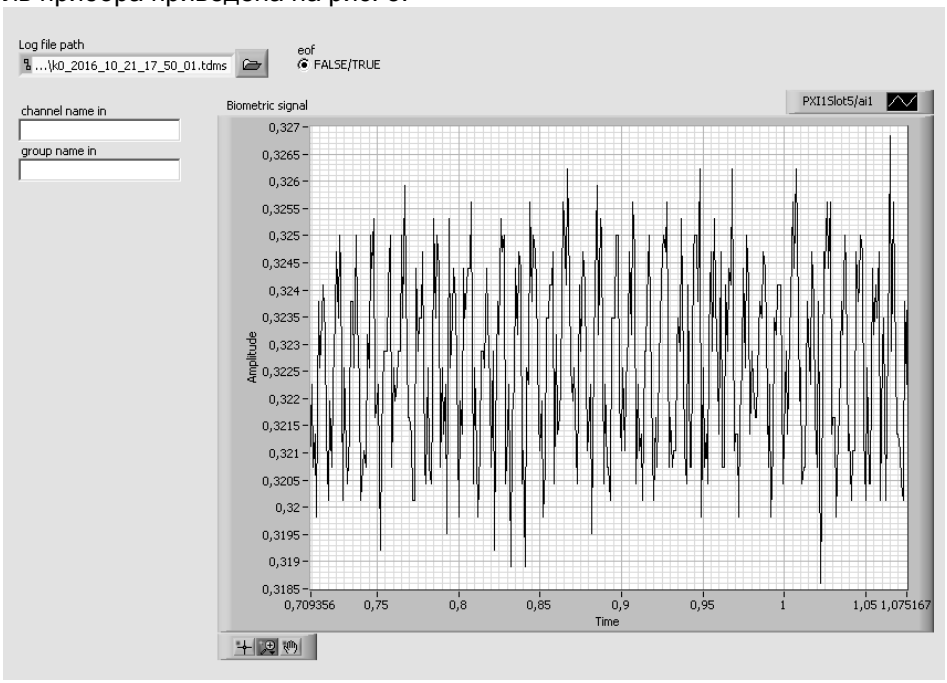



Рисунок 3 - Лицевая панель виртуального прибора чтения данных

## 4. Внедрение и его перспективы

В данный момент произведена тестовая установка системы на улей в условиях действующей пасеки. Проводится запись массы улья и температуры в помещении для зимовки, а также акустических сигналов, издаваемых зимующей пчелиной семьей. В качестве перспективы рассматривается распределенная система сбора данных, передающая собранные данные в облачное хранилище, где происходит обработка сигналов и выделение событий по заранее сформулированным критериям. Пчеловод работает с мобильным приложением, получая в реальном времени информацию о состоянии ульев на точках и возможных нештатных ситуациях. Также приложение позволяет вести журнал обслуживания ульев и привязывать их позиции к электронной карте местности.

## 5. Список литературы

[1]. Таранов Г.Ф. Биология пчелиной семьи. — М., 1961.
[2]. Winston M. The biology of the honey bee. — London, England: First Harvard University Press, 1991.

## BEEHIVE BIOMETRIC DATA ACQUISITION SYSTEM

T.I. Karimov[1], D. A. Belkin[1], A.S. Toporskaya[1], T.S. Sevastyanova[1]

1. *Saint Petersburg* Electrotechnical *University "LETI", Saint-Petersburg, Russia.*

*The article considers the problem of the beekeeping low automation. Some ways to increase the level of apiary informatization are shown. The automated hive monitoring system proposed based on NI PXI platform. The process of development for some system component is shown for biometrical signal acquisition module. Various data writing and reading VIs are described. All software was developed in NI LabVIEW graphical programming environment.*

*Keywords: agriculture automation, data acquisition, PXI, beekeeping, LabVIEW, DAQmx.*

# СОЗДАНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ФАЗИРОВАННОЙ РЕШЕТКИ НА БАЗЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ СБОРА ДАННЫХ NI USB – 6210.

Г.И. Ерохин[1], Н.М. Заминалов[1], Е.А. Мамченко[1], Е.М. Чередонова[1], А.А. Ушакова[1], С.В. Долгих[1], П.А. Кривозубов[2]

*1. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*
*2. National Instruments, г. Москва*

*В статье проводится описание создания акустической фазированной решетки на базе микрофонных модулей, а также проводится исследование спектрального состава звуковых сигналов обрабатываемых несколькими микрофонами одновременно, получаемых с помощью многофункционального модуля сбора данных.*

*Ключевые слова: фазированная решетка, демаскирование, речевой сигнал, диаграмма направленности, корреляционный анализ.*

## 1. Постановка задачи

Задачей исследования является создание акустической фазированной решетки, состоящей из восьми элементов, расположенных в одной плоскости для уменьшения боковых лепестков диаграмм направленности нескольких микрофонов, а также написание программы для спектрального анализа звуковых сигналов, поступающих на решетку, созданной в среде программирования LabVIEW.

Работа посвящена моделированию и созданию акустической фазированной решетки на базе системы сбора данных USB 6210.

Целью работы является исследование спектрального анализа с нескольких микрофонов для определения качества принимаемой информации в зависимости от их количества.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание комплекса для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования LabVIEW с модулями NI VISA, NI DAQmx [1]. В ходе реализации испытательного стенда был использован многофункциональный модуль сбора данных NI USB – 6210. Также была применена фазированная решетка с несколькими закрепленными на ней микрофонами.

## 3. Описание решения

Для проведения измерений были созданы 4 микрофонных модуля, каждый из которых представляет собой двухканальный микрофон (рисунок 1). Данные модули были закреплены на решетке на одинаковом расстоянии между каналами приема. Микрофоны принимали звуковой сигнал, передавали информацию о нем в NI USB – 6210, через который происходил спектральный анализ. Схема проведения эксперимента представлена на рисунке 2.

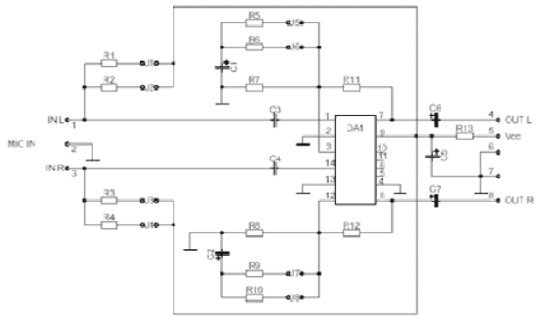



Рисунок 1 – Принципиальная электрическая схема

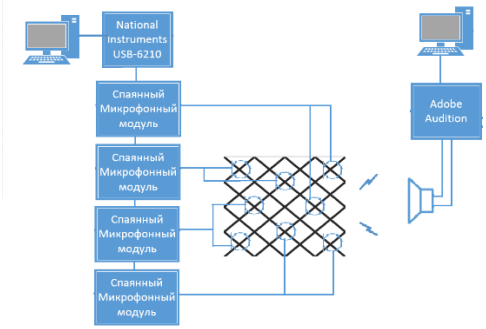



Рисунок 2 – Схема проведения эксперимента

В программе Adobe Audition были созданы и воспроизведены сигналы (тоновый сигнал на частотах 100, 500 и 2000 Гц, а также речевой сигнал с параметром normalize amplitude 60%), данные о приеме которых фиксировались в программе, созданной в среде разработки NI LabVIEW. Осциллограммы используемых сигналов показаны на рисунках 4-7. Производилась запись и постобработка с помощью корреляционного анализа (рисунок 3).

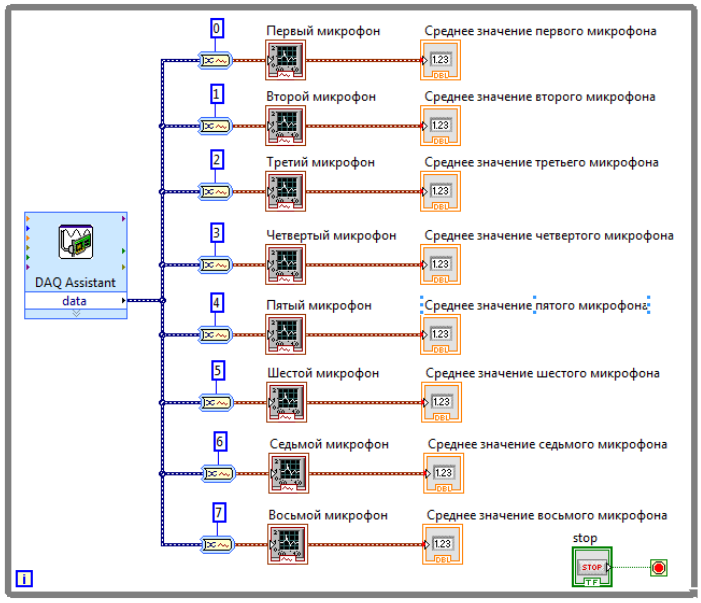



Рисунок 3 – Блок-диаграмма проведения измерений

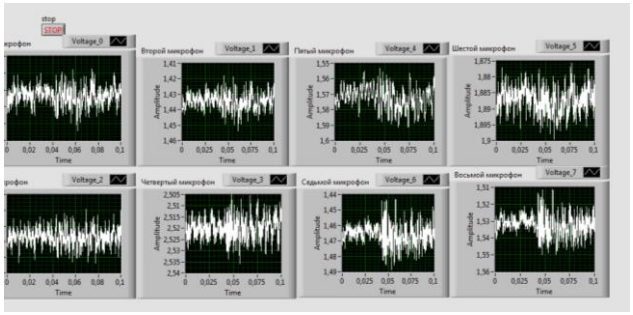


Рисунок 4 – Полученные осциллограммы для тонового сигнала с частотой 100Гц

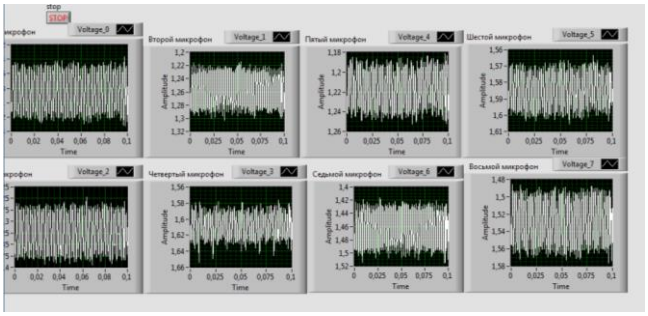


Рисунок 5 – Полученные осциллограммы для тонового сигнала с частотой 500Гц

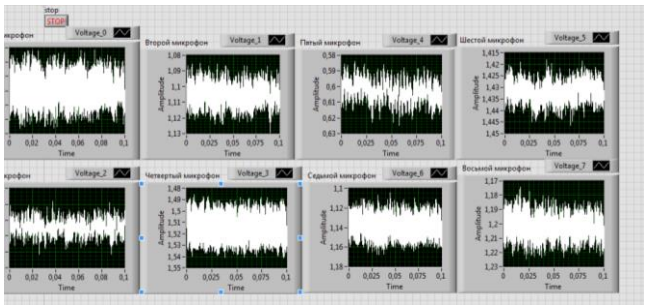


Рисунок 6 – Полученные осциллограммы для тонового сигнала с частотой 1000Гц

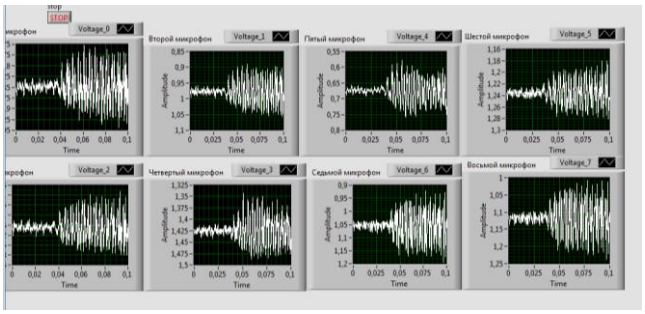


Рисунок 7 – Полученные осциллограммы для речевого сигнала

Теоретически было установлено, что при увеличении количества приемников направленность акустической фазированной решетки увеличивается (рисунок 8). Так же направленность увеличивается при увеличении частоты подаваемого для анализа тонового сигнала (рисунок 9). [2]

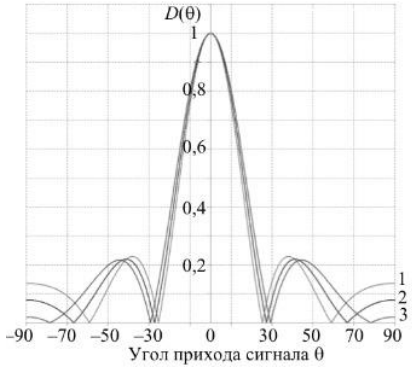



Рисунок 8 - Зависимость диаграммы направленности микрофонных решеток с фиксированной апертурой 35 см от числа микрофонов M: 1 – M = 8; 2 – M = 16; 3 – M = 1024

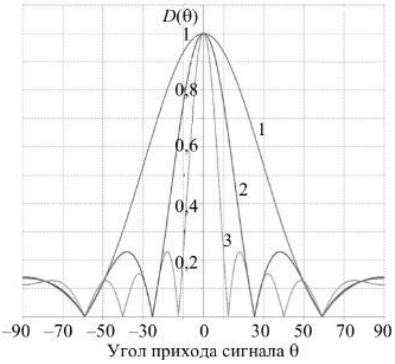



Рисунок 9 – Зависимость диаграммы направленности эквивалентной восьмиэлементной микрофонной линейки с апертурой 35 см, d = 5 см от частоты сигнала: 1 – 1 кГц, 2- 2 кГц, 3 – 3 кГц

По итогам проведенных результатов получены следующие результаты: при увеличении количества приемников сигнала спектр становится более информативным, из него можно более точно определить местоположение источника звука, распределение его по частотам, уровень основных гармоник. Также значительно снижается влияние шумов.

## 4. Внедрение и его перспективы

В дальнейшем планируется создать программу в среде разработки NI LabVIEW, которая будет накладывать полученные сигналы друг на друга, для дальнейшей постобработки и сравнения полученных сведений с теоретическими. Разнесение микрофонов на вершины куба для наложения сигналов, увеличение направленности сигнала и уменьшения посторонних шумов.

## 5. Список литературы

[1]. http://www.ni.com/data-acquisition/ – раздел на сайте National Instruments

[2]. М.Б. Столбов Применение микрофонных решеток для дистанционного сбора речевой информации // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики (Санкт-Петербург, 2015)

## CREATING ACOUSTIC PHASED ARRAY ON THE BASIS OF MULTI-MODULE NI USB DATA ACQUISITION - 6210.

G.I. Erohin[1], N.M. Zaminalov[1], E.A. Mamchenko[1], E.M. Cheredanova[1], A.A. Ushakova[1,] S.V. Dolgikh [1,] P.A. Krivozubov[2]

1. Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia
*2. National Instruments, Russia, Moscow,*

*The article describes how to create an acoustic phased array-based microphone module, as well as conducted a study of the spectral composition of the audio signals are processed by several microphones at the same time received via the multifunction data acquisition module.*

*Keywords: phased array, unmasking, speech signal, radiation pattern, a correlation analysis.*

# УПРАВЛЕНИЕ В LABVIEW АКУСТИЧЕСКИМ ПЬЕЗОИЗЛУЧАТЕЛЕМ РОБОТА НА БАЗЕ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO

К.Ю. Агаян, Е.А. Балакина, А.П. Баранова, А.К. Вяткина, Д.Д. Гришина,
В.А. Лунев, Д.Р. Мухамадияров, С.Х.Нгуен, А.В. Никитин, М.П. Павловская, С.И. Садыков,
Д.Р. Темралиева, Д.Н. Цайклер, В.В. Цой, М.С.Шарипов, Г.Р. Арипов,
С.А. Никулин, В.Г. Ханжин

*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*

*В докладе представлено дистанционное управление акустическим пьезоизлучателем робота на широко распространенной в настоящее время аппаратно-программной платформе Arduino UNO на базе процессора ATmega328p с тактовой частотой 16 МГц. В LabVIEW программировался акустический пьезоизлучатель робота Arduino для создания имитатора диагностических сигналов акустической эмиссии при калибровке акустических датчиков системы мониторинга. Программная часть системы управления проектировалась в LabVIEW 2016 с использованием дополнительного модуля NI VISA и расширением для работы с платами Arduino – LabVIEW Interface for Arduino, а также с использованием таких программ, как Arduino IDE, X-CTU.*

*Ключевые слова: пьезоизлучатели, Arduino UNO, акустическая эмиссия, калибровка датчиков акустической эмиссии.*

## 1. Постановка задачи

Применение мобильных роботов платформы Arduino на базе микроконтроллеров Atmel не ограничивается в настоящее время электронными игрушками или сравнительно недорогим и доступным «лабораторным оборудованием» для практических занятий по курсу, например, мехатроники и робототехники, сенсорной электроники, вычислительной техники и др. [1]. Надежность, простота настройки, технические характеристики, платы расширения и периферийные устройства делают контроллер Arduino интересным инструментом экспериментальных исследований [2]. Так, при контроле технологических объектов по сигналам акустической эмиссии (АЭ) пьезоизлучатели используются для настройки, калибровке и проверке работы акустических датчиков (акустической антенны системы мониторинга) непосредственно на объекте контроля. В докладе представлено управление в LabVIEW малогабаритным пьезоизлучателем робота Arduino в качестве имитатора сигналов (АЭ).

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Плата Arduino UNO на базе процессора ATmega328p, MotorShield — плата расширения для Arduino на базе чипа L298P. Шасси робота с двумя электромоторами. Модуль для беспроводной передачи данных XBee (протокол ZigBee), XBee-USB – адаптер для передачи данных по радиоканалу.

Программная часть системы управления проектировалась в среде графического программирования LabVIEW2016 с использованием дополнительного модуля NIVISA и расширениями для работы с платами Arduino: LabVIEW Interface forArduino, Arduino IDE, X-CTU.

## 3. Описание решения

Для управления роботом с помощью беспроводных модулей с компьютера LabVIEW, осуществлялась прошивка модулей XBee используя XBee-USB адаптер и специальное программное обеспечение X-CTU. Первый модуль прошивался для управления/координирования модулей в сети. Второй модуль XBee прошивкой конечного устройства. Все модули использовали одинаковое значение «ID».

Для уравления работой робота в LabVIEW с помощью Arduino IDE прошивалась системная плату Arduino UNO. Часть кода прошивки для управления в LabVIEW показана на рис.1.

Arduino считывает символы из приемного буфера последовательного порта и помещает их в массив. После в цикле проверяется каждое значение i символов массива и проверяются несколько условий: если появляется символ "," то счетчик запятых commaCount увеличивается на единицу; если commaCount = 0 (1, 2, 3 ,4) и данный символ не "," то переменная left_s (right_s, forward_s, backward_s speed_s) увеличивается на данный символ. Переменные left_s, right_s, forward_s, backward_s speed_s, отвечают за функции движения робота «налево», «направо», «вперед», «назад» и скорость. Блок-диаграмма управления роботом в LabVIEW показана на рис. 2.

```
if(Serial.available()){
 labViewDataLength=Serial.readBytesUntil(';',labViewData,50); // переменная labViewDataLength
 //считывает символы из приемного буфера последовательного порта и помещает их в массив
 for(int i=0;i<labViewDataLength;i++){
    // разделение данных
  if(labViewData[i]==','){
    // Счетчик запятых
   commaCount++;
  }
  if(commaCount==0 && labViewData[i]!=','){
    // запись данных для переменной left_s
   left_s=left_s+labViewData[i];
  }else if(commaCount==1 && labViewData[i]!=','){
    // запись данных для переменной right_s
    right_s=right_s+labViewData[i];
  }else if(commaCount==2 && labViewData[i]!=','){
    // запись данных для переменной forward_s
    forward_s=forward_s+labViewData[i];
  }else if(commaCount==3 && labViewData[i]!=','){
    // запись данных для переменной backward_s
    backward_s=backward_s+labViewData[i];
  }else if(commaCount==4 && labViewData[i]!=','){
   // запись данных для переменной speed_s
   speed_s=speed_s+labViewData[i];
  }
 }
```

Рис.1. Часть кода прошивки в Arduino IDE для управления роботом в LabVIEW

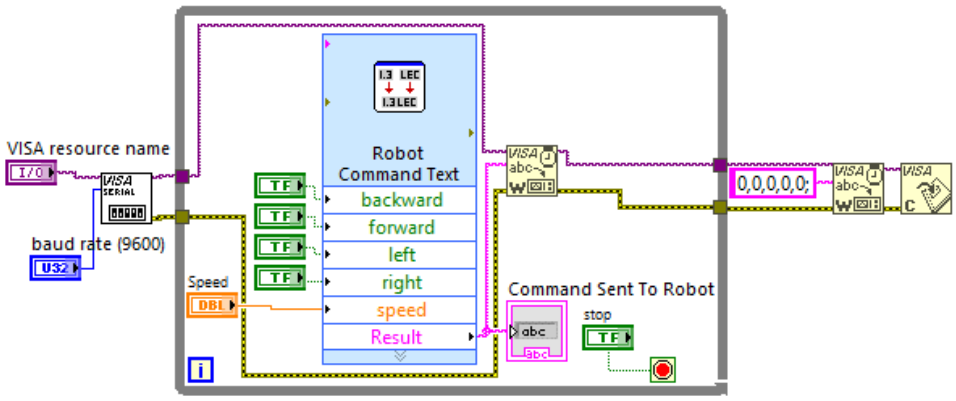



Рис.2. Блок-диаграмма в LabVIEWпрограммного обеспечения для управления роботом.

Интерфейс для управления роботом разрабатывался в LabVIEW. Так как напрямую мы не подключаем Arduino, а общаемся с ним Т.к. обращение к Arduino осуществляется не напрямую, а через модуль Xbee, то для инициализации устройства в LabVIEW используется ВИ VISA Configure Serial Port, задавая порт подключения модуля и скорость передачи данных (стандартно 9600). Управление в LabVIEW заключается в передачи в Arduino сообщений по типу «1,0,0,0,125» (например, повернуться налево со скоростью 125). Где первые 4 значения – булевы и отвечают за действия: «налево», «направо», «вперед», «назад», а последнее значение — параметр скорости (в пределах от 0 до 255). Для создания таких сообщений используется ВИ Build Text Express. Этот виртуальный инструмент позволяет создать выходную строку из комбинации текста и параметризованных входов. Для передачи этой строки к устройству используется ВИ VISA Write Function. После выполнения работы всей программы ей передается сообщение «0,0,0,0,0» после чего устройство отключается, используя ВИ VISA Close.

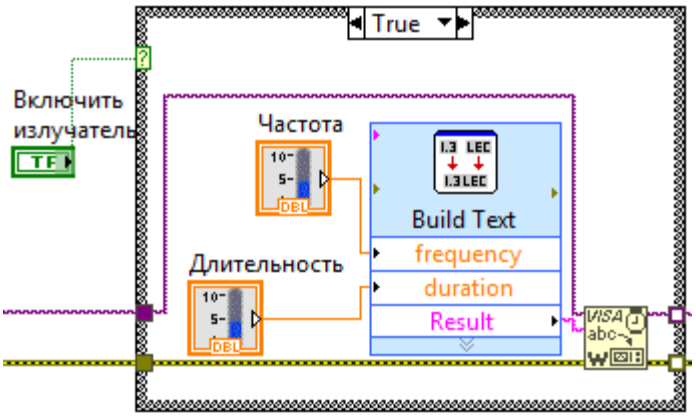



Рис. 3. Блок-диаграмма в LabVIEW управления пьезоизлучателем .

Блок-диаграмма управления пьезоизлучателем показана на рис. 3. Алгоритм работы тот же, как у блок-диаграммы управления роботом (рис.2.). Для управления пьезоизлучателем из LabVIEW передаются сообщения, например, «500,1000» (Частота 500Гц, длительность 1 секунда). Нижний предел частоты для пьезоизлучателя робота на платформе Arduino – 31 Гц, верхний предел ограничен параметрами излучателя. Передача сообщения происходит только после нажатия кнопки в интерфейсе (Case Structure). Для управления пьезоизлучателем в прошивке Arduino использовалась функция tone().

## 4. Внедрение и его перспективы

Управляемые программно в LabVIEW (с широкими возможностями управления внешними устройствами в этой программной среде) пьезоизлучатели Ардуино могут стать удобным и надежными инструментами настройками акустических систем.

Работа выполнена в рамках специальных курсов «Мехатроника» и «Компьютеризация эксперимента» (доцент В.Г. Ханжин) на кафедре Металловедения и Физики прочности Института Новых Материалов и Нанотехнологий НИТУ «МИСиС», при поддержке МинОбрНауки: уникальный идентификатор проекта: RFMEFI57815X0139.

## 5. Список литературы

[1]. В.А. Петин. Проекты с использованием контроллера Arduino. Изд.BHV, 2015, 464 с.

[2]. Р. Имамов, А. М. Нурушев. Контроллер удалённого управления трубчатой печью на платформе Arduino. Вестник Югорского Государственного Университета. 2013, Вып. 2 (29), с. 74–80

## CONTROL IN LABVIEW ACOUSTIC PIEZO BUZZERROBOT ON HARDWARE PLATFORM ARDUINO

K.Y. Agayan, E.A. Balakina, A.P. Baranova, A.K. Vyatkina, D.D. Grishina, V.A. Lunev, D.R. Muhamadiyarov,A.V. Nikitin, S.H. Nguen, M.P. Pavlovskaya, S.I. Sadykov, D.R. Temralieva, D.N. Tsaykler, V.V. Tsoy,
M.S. Sharipov, G.R. Aripov, S.A. Nikulin, V.G. Khanzhin

*NUST MISiS, Moscow,*

*The report presents remote control acoustic piezo robot into widespread at the present time the hardware and software platform Arduino UNO ATmega328p processor with a clock frequency of 16 MHz. In LabVIEW programmed acoustic piezo buzzer to the Arduino robot to create a diagnostic simulator of acoustic emission signals during calibration of the acoustic sensors of the monitoring system. The software part of the control system was designed in LabVIEW 2016 using NIVISA additional modules and extensions to work with boards Arduino – LabVIEW interface for Arduino, Arduino IDE and X-CTU.*

*Keywords: Arduino UNO, acoustic emission, calibration of sensors of acoustic emission.*

# ФОРМИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

А.,И. Кучер, Г.К. Алексанян, В.В.Демьянов

*ФГБОУ ВО ЮРГПУ(НПИ) им. М.И.Платова, г. Новочеркасск, Ростовской обл.*

*В статье рассматривается программа формирования файла с описанием алгоритма измерения для информационно-измерительной системы электроимпедансной томографии, созданная в среде графического программирования LabVIEW. Приведено описание, функциональные возможности и ограничения. Представлены внешний вид передней панели виртуального прибора и пример его работы.*

*Ключевые слова: электроимпедансная томография, алгоритм измерения, LabVIEW, ИИС ЭИТ БО,*

## 1. Постановка задачи

Электроимпедансная томография (ЭИТ) – метод медицинской визуализации [1], позволяющий на основе электрических измерений на поверхности биологического объекта (БО) реконструировать распределение электрического импеданса внутри БО. Для этого на поверхности БО располагают электроды $Э_i$ (i=1÷N, где N – число электродов), к которым по заданному алгоритму подключают источник инжектирующего тока (ИТ). Одновременно по заданному алгоритму регистрируется разность потенциалов $\varphi_i$ между различными электродами $Э_i$ на поверхности БО. Реконструкция распределения электрического импеданса в БО производится на основе априорной информации о БО, результатах измерения потенциала $\varphi_i$ и информации об алгоритме измерения. Ранее на базе оборудования NI USB-6251 в среде графического программирования NI LabVIEW 2013 [2] была реализована информационно-измерительная система электроимпедансной томографии биологических объектов (ИИС ЭИТ БО) [3].

Настоящая работа посвящена созданию программы формирования различных алгоритмов измерения для ИИС ЭИТ БО в среде графического программирования NI LabVIEW 2013.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2013.

## 3. Описание решения

На передней панели виртуального прибора (рис. 1.) схематично изображен пояс электродов $Э_1..Э_N$. Программа имеет некоторые ограничения: возможное число электродов N=2÷16; число измерений M= 1÷16. В текущей версии для одного состояния M возможен лишь один инжектирующий и один общий электрод ввиду выбранной схемы измерения в ИИС ЭИТ БО. Кроме того электрод $Э_i$ может находиться в нескольких состояниях – инжектирующий (INJ), измерительный (MEAS) или общий (GND). Возможны комбинации этих состояний и запрещенные состояния. Так, электрод $Э_i$ может быть одновременно, например, измерительным и инжектирующим, но не может быть одновременно инжектирующим и общим.

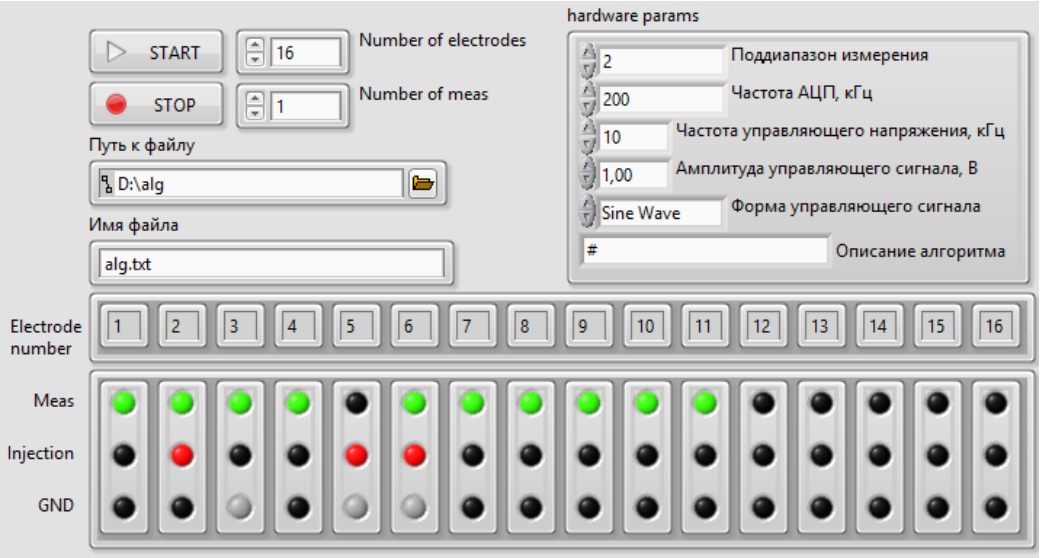



Рис. 1. Передняя панель виртуального прибора.

Пользователь выбирает число электродов N в поясе и число измерений M, указывает состояние каждого электрода в поясе и параметры измерительной установки. При изменении числа электродов N или числа измерений M автоматически перестраивается схематичное изображение пояса электродов. После нажатия кнопки START программа определяет состояние каждого электрода $Э_i$. Далее программа преобразует состояние электродов в массив номеров электродов, описывающий процесс измерения. В первом столбце находится номер инжектирующего электрода, во втором – общего электрода, в третьем – измерительного электрода. Созданный массив и параметры измерительной установки (частота дискретизации АЦП, поддиапазон измерения, частота, амплитуда и форму управляющего сигнала) сохраняются в текстовый файл с заданным именем по указанному пути. Пример созданного файла представлен на рис. 2.

В случае если не был выбран инжектирующий или общий электрод, то в соответствующем столбце будет значение N+1. Если не выбран измерительный электрод – в соответствующей строке в третьем столбце будет 0. Эта информация учитывается в ИИС ЭИТ БО.

Созданная программа позволяет оперативно и успешно формировать произвольные алгоритмы измерения для ИИС ЭИТ БО, что крайне полезно для исследований в области ЭИТ.

```
#
    200
sine
       1
       2
      10
2 3 1
2 3 2
2 3 3
2 3 4
2 3 0
2 3 0
2 3 7
2 3 8
2 3 9
2 3 10
2 3 11
2 3 0
2 3 0
2 3 0
2 3 0
2 3 0
```

Рис. 2. Пример файла с описанием массива измерения.

**4. Внедрение и его перспективы**

Работы выполняются в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК 4856.2015.8. Договор №14.Z56.15-4856-МК.

**5. Список литературы**

[1]. Алексанян Г.К., Кучер А.И.,Тарасов А.Д.,Нгуен Мань Кыонг,Чан Нам Фонг Design of Software and Experimental Setup for Reconstruction and Visualization of Internal structures of Conductive Bodies / International Journal of Soft Computing - 2015. - Vol. 10 (6). - P. 462-467. - 0.53 п.л.

[2]. Среда разработки NI LabView [URL]: http://russia.ni.com/labview

[3]. Кучер А.И., Алексанян Г.К., Кудря А.В. Аппратная часть исследовательского макета электроимпедансного томографа / Инженерные и научные приложения на базе технологий NI (NIDays) : сб. тр. XIV Междунар. науч.-практ. конф., Москва, 27 нояб. 2015 г. [Электронный ресурс] / Представительство компании "National Instruments" в России, СНГ и Балтии - М. : ДМК-пресс, 2015. - С. 182-184. - Режим доступа : http://www.labview.ru/conference/Sbornik_NIDays2015.pdf. - 0.1152 МБ п.л.

**MEASURMENT ALGORITHM FORMATION FOR INFORMATION-MEASURMENT SYSTEM OF ELECTRICAL IMPEDANCE TOMOGRAPHY**

A.I. Kucher[1], G.K. Aleksanyan[1], V.V. Demjanov[1]

*Platov South Russia State Polytechnic University, Novocherkassk, Russia*

*The article considers the program for creation of the measurement algorithm description file for the information-measuring system of electrical impedance tomography, created in LabVIEW system design software.Functional capabilities and limitations are described. The appearance of the front panel of the virtual instrument, and an example of his work are presented.*

*Keywords: electrical impedance tomography, measurement algorithm, LabVIEW, IMS EIT BO*

# IMPLEMENTATION OF THE HIGH-SPEED DATA ACQUISITION SYSTEM BASED ON NI-MYRIO BOARD AND FAST DIGITAL OSCILLOSCOPE

*Yerevan Physics Institute, Armenia*

Ashot Chilingarian, Yeghia Khanikyanc, David Pokhsraryan, Suren Soghomonyan

## 1. Abstract

*A fast data acquisition system based on National Instruments myRIO board and digital oscilloscopes PicoScope 5244B (1 Gs/sec sampling rate) and 6204D (5 Gs/sec sampling rate) was designed and commissioned. The system is developed for the research in the high-energy astrophysics for detecting and correlating data from various particle detectors and field meters.*

*We perform pulse shape recording from particle detectors and from atmospheric discharges with GPS time stamp providing microsecond accuracy synchronization. Direct comparison of the waveforms of electric field changes caused by lightning discharges and the particle detector outputs synchronized on the nanosecond time scale allows us to get insight into two long standing problems of the atmospheric physics during the 2016 campaign on Aragats:*

*Examining the typical response of detectors to particle traversal, time series of atmospheric discharges and outputs of particle detectors allows us to reject the hypothesis of the "lightning" origin of atmospheric particle fluxes".*

*Temporal analysis of the Thunderstorm ground enhancements (TGEs) abruptly terminated by lightnings shows that particle flux decay started simultaneously with rearrangement of the electric field in the cloud several tens of millisecond after return stroke (in the case of the cloud-to-ground lightning) or after intracloud lightning. Both lightnings are lowering negative charge above the particle detectors site.*

*The new DAQ system also provides enhancement of Extensive air shower (EAS) detection capabilities with Neutron Monitor 1-second time-series and very short dead times.*

## 2. Introduction: Requirements on DAQ system

The standard goal of the design of the Data Acquisition Electronics (DAQ) system in high energy physics and astrophysics is a reliable and consistent registration of the all-electronic signals from particle detectors with inherent correlations. DAQ electronics should be able to measure and store not only the number of registered particles in the definite time span (usually 1 sec or 1 minute), i.e. time series of count rates, but also histograms of energy releases, i.e. amplitudes of the Photomultiplier (PM) signals. For investigation of the fast physical processes like propagation of lightning leader and detection of corresponding fast electric field waveforms of electromagnetic emission the accuracy of the time stamp of registered events should be not less than few tens of nanosecond. Therefore, the DAQ system should be equipped with a GPS synchronization capability. Lightning discharge is a source of wideband electromagnetic interference (EMI). Harmonics of electromagnetic emission produce fake signals in the body of particle detectors, in the cabling system, in electronic circuits; there is no measure to eliminate these signals if strong lightning occurred within the site of the particle detectors. Therefore, additional important requirement to the design of fast electronics for lightning-particle physics research is ability to precise monitor the shape of signals from particle detectors.

Another purpose of DAQ design is the registration of the Extensive Air Shower (EAS) – a gigantic cascade of particles propagating in atmosphere with velocity reaching speed of light is the synchronization of different particle registration channels. The energy releases of particles in the body of plastic scintillators provide additional information on the particle type and energy. The calibration of the Amplitude-to-digit convertors (ADC) should be done with isotopes in low energy region and with well-known structures of energy spectra in high-energy region. The methods of recovering particle energy should be simulated and double checked for getting insight into systematic errors, that usually are much larger that statistic ones.
Due to very low intensity of high-energy Cosmic Rays (CR) the EAS experiments prolonged many years. The parameters of DAQ system should be continuously monitored to keep them stable. Electronics should not introduce any uncertainty in the particle detection due to arising non-linearity of the ADC, changing efficiency and variations of the "dead times".

**High precision DAQ system in high-energy atmospheric research**

The research of the high-energy physics in atmosphere is still in the earliest stage and each year new interesting phenomena are discovered (Chilingarian et al., 2010, 2011, Chilingarian, 2014). Measurements of the amplitude, duration, energy spectra of the particle fluxes from the thunderstorm atmosphere, the so called, Thunderstorm Ground Enhancements (TGEs) performed at Aragats Space Environmental center (ASEC) prove vast variability and richness of new phenomena. Recently at ASEC we start correlation analysis of the TGEs and lightnings that pose additional requirements on the time resolution and synchronization of particle detectors, near surface electric field sensors and sensors of the fast radio waveforms of atmospheric discharges. Developed DAQ electronics solve these problems see Fig.1. A high frequency detecting system, which uses a commercial MFJ-1022 active whip antenna that covers frequency range from 300 KHz to 200 MHz generates an output trigger pulse, causing the GPS system to produce a timestamp. An optical link can transfer the trigger sygnal to the MAKET experimantal hall located on the distance 100 m. from SKL hall. This signal can be used for triggering another fast DAQ system connected to particle detectors and field meters operated in MAKET hall.

4 inputs of DAQ are used for feeding signals from STAND1 detector which comprises 3 vertically stacked 1 cm thick and 1 m2 area plastic scintillators and 1 standalone 3 cm thick plastic scintillator of the same area (under the walls of the SKL experimental hall). The myRIO DAQ pulse counting system can provide very short time series down to 1 millisecond that will enable to investigate in much more details the dynamic of TGE development and its relation to the lightning initiation (50 ms time series are stored currently). Signals from the sensor of “slow” near surface electrostatic field disturbances (from the “electric mill” EFM-100 of Boltek company) are fed to the myRIO board by the TCP-IP connection (WiFi). The firmware application provided by Boltek has a feature to share E-Field data via network. It acts as a server for a client running under myRIO for E-Field measurements. One channel is reserved for the synchronization pulse (the trigger) from fast waveform recording device. A flat plate antenna followed by passive integrator is used to record fast electric field change waveforms. The output of the integrator is directly connected to the digital oscilloscope (Picoscope 5244B) with 60 cm long RG58 coaxial cable.

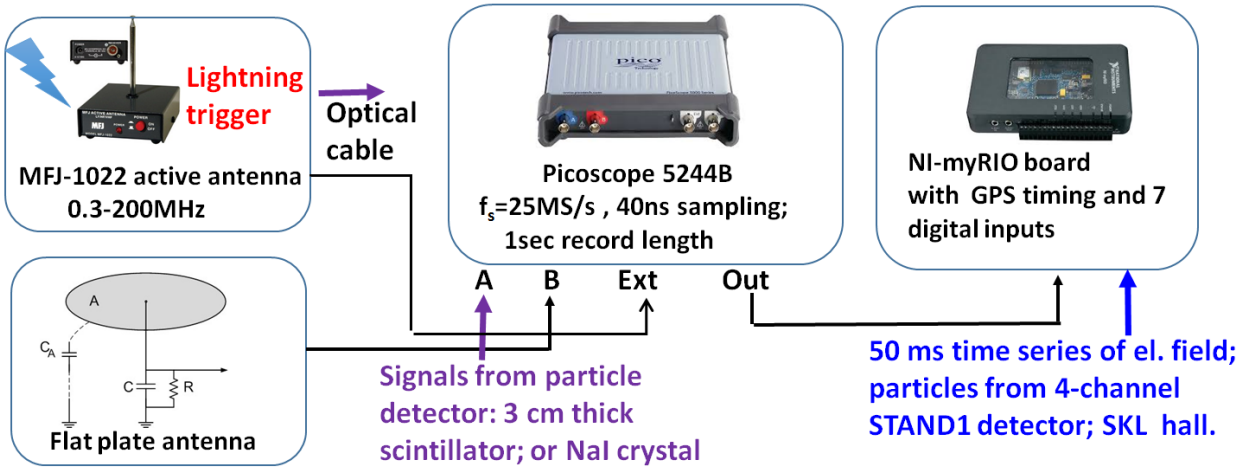



*Figure 1. Fast electric field change waveforms measurements setup triggered form active antenna.*

The waveforms are recorded with sampling rate of 62.5MS/s, (sample interval 16ns) and 8 bit resolution. Data capture length is 1 second, including 200 ms pre-trigger and 800 ms post-trigger time.

The trigger out of the oscilloscope is connected to the NI My RiO board which involves GPS timing system. Any event recorded by the oscilloscope generates an output trigger pulse of 400ns duration, causing the GPS card to trigger at the same instant and produce a timestamp. Thus, the recorded waveforms are matched to GPS timestamps

## 3. EAS detection by Aragats Neutron Monitor enhanced counts

Extensive Air Shower (EAS) duration as registered by the surface particle detectors does not exceed a few tens of nanoseconds. However, several detectors containing plenty of absorbing matter can prolong the “life” of EAS to approximately 1 ms. In the neutron monitor’s 5-cm lead producer, the EAS hadrons generate several hundreds of neutrons and in the polyethylene moderator they slow the neutrons down to thermal energies before entering the proportional counters. Thus, the time distribution of the pulses from the proportional counters of the neutron monitor after EAS propagation extends to approximately 1 ms, five orders

of magnitude larger than the EAS passing time. The Aragats Neutron Monitor (ArNM) has a special option for the EAS detection. In general, the dead time of NM is set to approximately 1 ms for one-to-one relation of incident hadrons and detector counts. Thus, all neutrons entering the proportional chamber after the first one will be neglected. In ArNM, we use several dead times, and the shortest one, 400 ns, can count almost all the secondary neutrons that enter the proportional chambers. If ArNM one-second time series corresponding to the shortest dead time contain much more signals (burst multiplicity) than with 1-ms dead time, then we conclude that the EAS core hits the detector. To check the ability of ArNM calculate abundant signals from EAS the arrangement of DAQ electronics was changed, see Fig. 2.

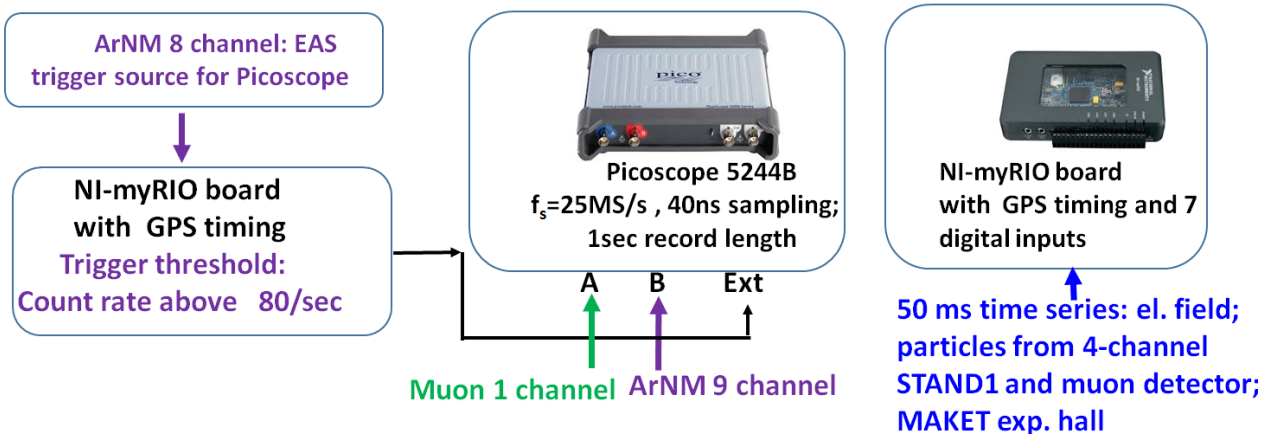



*Figure 2. DAQ configuration for the pulse shape recording from particle detectors.*

## References


[1]. Chilingarian, A., Arakelyan, K., Avakyan, K.et al., 2005. Correlated measurements of secondary cosmic ray fluxes by the Aragats space-environmental center monitors, Nucl. Instrum. Methods A 543 (2–3) 483.

[2]. Chilingarian, A., A. Daryan, K. Arakelyan, A. Hovhannisyan, B. Mailyan, L. Melkumyan, G. Hovsepyan, S. Chilingaryan, A. Reymers, and L. Vanyan L.,2010), Ground-based observations of thunderstorm-correlated fluxes of high-energy electrons, gamma rays, and neutrons, Phys. Rev. D, 82, 043009.

[3]. Chilingarian, A., Hovsepyan, G., Hovhannisyan, A., 2011. Particle bursts from thunderclouds: natural particle accelerators above our heads. Phys. Rev. D: Part. Fields 83 (6), 062001.

[4]. Chilingarian A., 2014. Thunderstorm Ground Enhancements - model and relation to lightning flashes, Journal of Atmospheric and Solar-Terrestrial Physics 107 (2014) 68–76.

# СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА»

## АВТОМАТИЗАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ РЭА НА ИМПУЛЬСНУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ

П.К. Скоробогатов, К.А. Епифанцев, Н.С. Дятлов

*НИЯУ МИФИ, г. Москва,*

*В статье рассмотрен процесс автоматизации испытаний РЭА на импульсную электрическую прочность (ИЭП) с помощью среды разработки LabVIEW и модульных измерительных приборов. Приведена структурная схема испытательного стенда, программная модель и общий вид лицевой панели управляющей программы.*

*Ключевые слова: LabVIEW, автоматизация, испытания РЭА, ИЭП, ОИН, стойкость, импульсная электрическая прочность, VirtualBench, модульные измерительные приборы, PXI*

### 1. Постановка задачи

Во время испытаний на импульсную электрическую прочность (ИЭП) происходит воздействие одиночных импульсов напряжения (ОИН) на испытываемый элемент РЭА (образец). После каждого воздействия ОИН производится контроль работоспособности образца с помощью модульных измерительных приборов компании NI и среды разработки LabVIEW. Амплитуда ОИН после каждого воздействия повышается до тех пор, пока не будет зафиксирован функциональный или параметрический отказ образца. Испытания проводятся для множества образцов (обычно 12). Цель испытаний – определение справочных данных по стойкости к воздействию ОИН различных полярностей и длительностей [1].

Главной проблемой при проведении данных испытаний является высокая амплитуда воздействующих ОИН (до 4000В) при достаточно большой длительности (до 10мкс). Воздействующий импульс таких параметров, распространяясь по проводникам, непременно вызовет повреждения модульных измерительных приборов. По этой причине, перед каждым воздействием ОИН требуется механически отключать контрольно-измерительную оснастку от образца.

Для сокращения времени проведения испытаний на ИЭП и минимизации участия оператора была поставлена задача по проектированию нового программно-аппаратного испытательного комплекса, выполняющего следующие задачи в автоматическом режиме:

1) Функциональный и параметрический контроль образца. Вынесение вердикта по работоспособности.
2) Механическое переключение (с полной гальванической развязкой) образца между схемой контроля работоспособности и схемой воздействия ОИН
3) Подача на образец ОИН требуемой амплитуды и полярности.
4) Сбор данных и ведение логов:
    a. Результаты проведения функционального и параметрического контроля с вердиктами о работоспособности
    b. Снятие осциллограмм импульсов тока и напряжения воздействующего ОИН. Расчет воздействующей энергии.
    c. Ведение таблицы по результатам испытаний
5) Формирование отчета по результатам испытаний

Участие оператора ограничивается первоначальной настройкой испытательного стенда, заменой образцов в течение испытаний и быстрой настройкой параметров воздействия во время испытаний.

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2014 с модулем NI LabVIEW FPGA [3]. Для создания стенда использовался ПК, шасси PXI-1033 с модульными измерительными приборами и модулем RIO, NI VirtualBench, устройство механической коммутации, генератор ОИН ЭМИ-0502, трансформаторные источники питания, осциллограф Tektronix TDS-1012.

**3. Описание решения**

Структурная схема автоматизированного аппаратно-программного испытательного комплекса представлена на рис. 1.

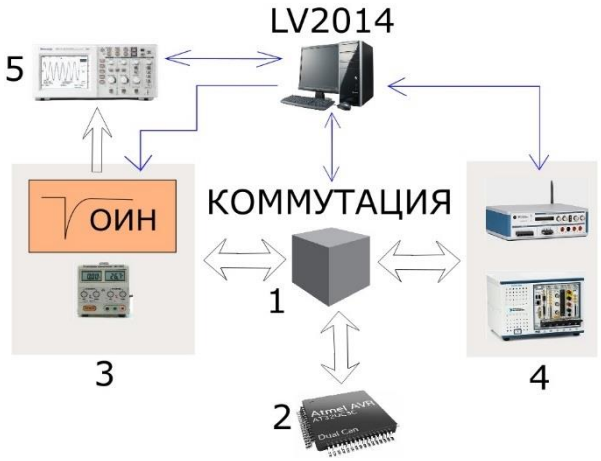
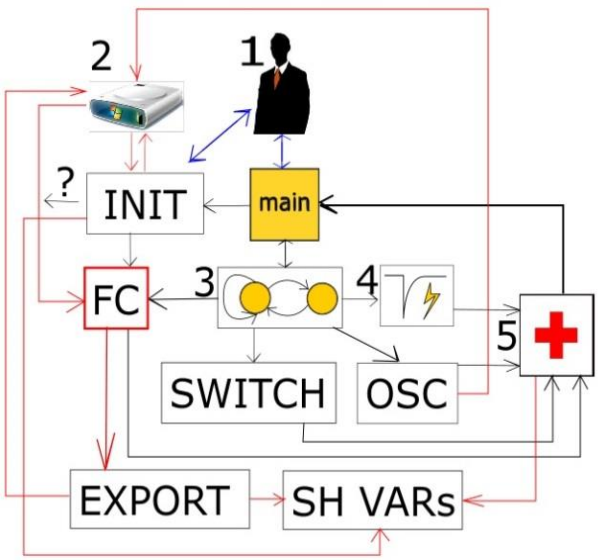



Рис. 1. Структурная схема стенда.
На рисунке 1 представлены: 1 – устройство механической коммутации; 2-испытываемый образец; 3- генератор ОИН и источники питания; 4-измерительно-контрольная оснастка; 5- осциллограф; Синие стрелки – информационное взаимодействие; Белые стрелки – физическое взаимодействие

С помощью устройства механической коммутации (1), управляемого с ПК, обеспечивается поочередное подключение испытываемого образца (2) к схеме воздействия (3) и схеме функционального и параметрического контроля. Во время испытаний информация с измерительных приборов непрерывно записывается и анализируется компьютером.

Программная модель проекта автоматизированного стенда в LabVIEW 2014 представлена на рисунке 2:

Рис. 2. Программная модель стенда.




На рисунке 2 представлены: 1 – оператор стенда;
2 – память ПК; 3 – главный конечный автомат;
4 – программа управления генератором ОИН;
5 – система контроля за корректной работой стенда;
main – управляющий VI и внешний интерфейс; INIT – программа загрузки и инициализации параметров текущих испытаний;
FC – программа функционального контроля; SWITCH – программа управления устройством механической коммутации; OSC – программа взаимодействия с осциллографом, подключённым к схеме воздействия ОИН; EXPORT – программа обработки данных с блока FC; SH VARs – shared variables;
Синие стрелки – взаимодействие с оператором;

Черные стрелки – взаимодействие между программами;
Красные стрелки – поток экспериментальных данных

На программном уровне управление стендом реализовано с помощью главной программы main, которая с помощью конечного автомата (3) связывает воедино блоки, представленные на рисунке 2. Состояния конечного автомата представляют собой единичные действия с элементами стенда. Потоки экспериментальных данных (на рисунке 2 отмечены красными стрелками) непрерывно записываются на диск и анализируются управляющей программой.

Одним из важных элементов управляющей программы является система контроля за корректной работой стенда (5), которая исключает экспорт ошибочных экспериментальных данных.

При проектировании лицевой панели главной программы большое внимание уделялось упрощению элементов панели для удобного восприятия информации оператором. С одной стороны, оператор должен видеть только самую необходимую в данный момент информацию, а с другой, хорошо ориентироваться в возможностях и настройках программы. Интерфейс взаимодействия управляющей программы и пользователя представлен на рисунке 3:




Рис. 3. Лицевая панель управляющей программы

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанный автоматизированный испытательный стенд существенно уменьшил время проведения испытаний на ИЭП. Более того, при незначительной перенастройке проекта данный стенд можно использовать для проведения исследований на многократные воздействия импульсов напряжения [2]. В перспективе планируется существенно сократить время написания подпрограммы параметрического и функционального контроля.

**5. Список литературы**

[1]. Скоробогатов П.К., Епифанцев К.А., Дятлов Н.С. Аддитивные эффекты в СБИС космического применения при воздействии серии импульсов напряжения и закон Аррениуса. VIII Всероссийская научно-техническая конференция «Актуальные проблемы ракетно-космического приборостроения и информационных технологий», г. Москва, 2016

[2]. П.К. Скоробогатов, К.А. Епифанцев, Н.С. Дятлов, О.А. Герасимчук. Электромагнитные воздействия и импульсная электрическая прочность интегральных схем. Безопасность информационных технологий (БИТ), 2016, № 3, с.75-78.

[3]. Тревис Дж. Т66 LabVIEW для всех / Джеффри Тревис: Пер. с англ. Клушин Н. А. - М.: ДМК Пресс; ПриборКомплект, 2005. - 544 с,: ил

**TEST AUTOMATION ELECTRONICS AT THE ELECTRIC STRENGTH**

P.K. Skorobogatov, K.A. Epifantsev, N.S. Djatlov

*National Research Nuclear University MEPhI (Moscow Engineering Physics Institute)*

*The article describes the testing process automation electronics to the electric strength, using LabVIEW development environment, and modular instrumentation. The article presents a block diagram of the test stand, programming model and a general view of the front panel of the control program.*

*Keywords: LabVIEW, automation, electronics, the electric strength, Virtual Bench, modular instrumentation, PXI*

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ В ЗАЩИЩЕННЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ

З.А. Внукова[1], А.Д. Буханцов[1]

*1. ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород*

*В статье рассматривается необходимость создания учебной платформы для моделирования процесса обмена информации в защищенной системе передачи и ее перехвата при проведении экспериментов на основе применения технологии «SDR» фирмы National Instruments. Приведена схема объекта исследований.*

*Ключевые слова: SDR, защищенные ЦСПИ, защита от НСД, исследования.*

**Постановка задачи**

Технология прямого цифрового преобразования сигналов всё больше завоёвывает мир. Принцип работы software-defined radio (SDR) основывается на оцифровке принятого радиосигнала и дальнейшей обработке его уже в цифровой форме. При использовании SDR практически весь объем работ по обработке сигнала перекладывается на программное обеспечение, которое запускается на персональном компьютере или управляет работой некоторых конкретных специализированных микропроцессорных устройств, предназначенных для обработки сигнала. Цель такого подхода — создать систему, которая может принимать практически любые радиосигналы с помощью программного обеспечения, которое априори является гибким и адаптивным. В настоящее время, в эпоху повышенной информационной безопасности, SDR широко применяются в военной и сотовой связи, где в режиме реального времени требуется поддержка разнообразных изменяющихся радиопротоколов.

**Необходимое оборудование и программное обеспечение**

Платформа NI SDR, среда программирования NI LabVIEW 8.6 с модулем NI LabVIEW Real Time.

**Описание решения**

Для аппаратной реализации защищенных цифровых систем передачи информации (ЦСПИ) необходимо использовать концепцию «цифрового радио» SDR (Software Defined Radio), представляющую собой программно-аппаратную платформу, в которой интегрированы сетевой процессор NP, блок потоковой цифровой обработки сигналов на основе программируемой логической матрицы FPGA, аналого-цифровые АЦП и цифро-аналоговые преобразователи ЦАП.

На рис. 1 представлена структура SDR для обработки многомерных сигналов в MIMO-канале связи с N-передатчиками T и N-приемниками R (Multi-Input Multi-Output) [1].

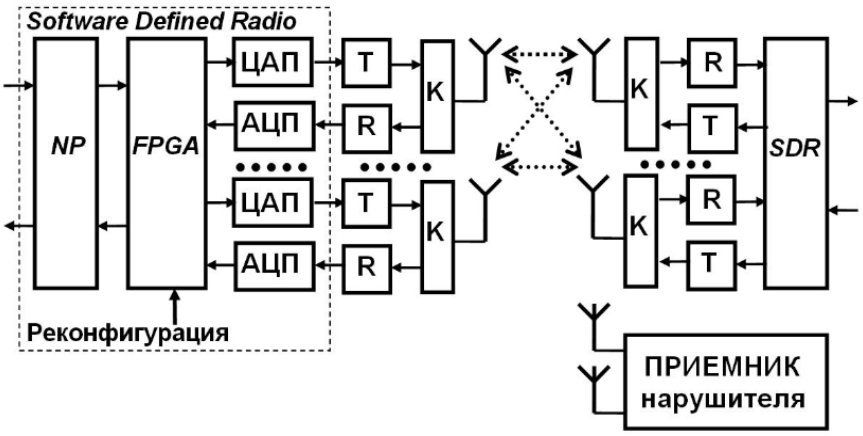



Рис. 1. Структурная схема программно-аппаратной платформы SDR.

Учитывая большое различие в принципах работы беспроводных технологий передачи информации, изменение только программного обеспечения (ПО) SDR недостаточно для эффективной

интеграции, поэтому необходима еще достаточно сложная реконфигурация аппаратных средств [2]. Эффективная работа адаптационного алгоритма настройки ЦСПИ напрямую зависит от оценки параметров канала связи в реальном масштабе времени, что требует разработки упрощенных моделей для реализации их на программно-аппаратной платформе SDR.

Многофункциональные сканирующие приемники на основе SDR довольно дорогостоящие и имеют набор фиксированных параметров, таких как — виды модуляции, полоса частот сигнала и ширина сканируемого диапазона. Однако, использование продуктов от National Instruments в учебных и исследовательских целях позволит изменять параметры приемника (вид модуляции, полоса, чувствительность и т.д.) в широком диапазоне [3]. Эта возможность делает приемник более гибким при исследовании способов обнаружения все более новых средств несанкционированного доступа к информации.

Таким образом предлагаемая автоматизированная система (на основе среды программирования NI LabVIEW и платформы NI SDR ) позволяет в комплексе моделировать и оценивать как степень защищенности перспективных систем передачи информации, так и средств несанкционированного доступа к ней. Подобная система успешно заменит существующие дорогостоящие и менее адаптивные системы, что позволит существенно ускорить процесс проведения исследований и повысить качество результата.

**Список литературы**


[1]. Дудка А.А., Стрельницкий А.А., Стрельницкий А.Е., Цопа А.И., Шокало В.М. — Пути повышения защищенности каналов связи цифровых систем передачи информации на физическом уровне Crimean Conference "Microwave & Telecommunication Technology"(CriMiCo’2010).

[2]. Руднев П.И. «Технологии SDR на службе у разработчиков систем»: ООО "Центр АЦП", НТБ Электроника 07-2009.

[3]. http://www.ni.com/sdr/ — раздел на сайте National Instruments


**AUTOMATION OF PROCESS OF MODELLING OF EXCHANGE OF INFORMATION IN THE PROTECTED DIGITAL SYSTEMS**


Z.A. Vnukova[1], A.D. Bukhantsov[1]

*1. Belgorod State National Research University, Belgorod, Russia*



*In article need of creation of an educational platform for modeling of process of exchange of information in the protected system of transfer and its interception when carrying out experiments on the basis of use of SDR technology of National Instruments is considered. The scheme of an object of researches is provided.*



*Keywords: SDR, protected DCS, the protection from unauthorized access, research.*

# АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ 7809ALPRPFK

Д.С. Костюченко[1,2], А.Б. Каракозов[1,2], П.В. Некрасов[1,2]

*1. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва*

*2. АО «ЭНПО Специализированные электронные системы», г. Москва*

*В данной статье описывается автоматический комплекс для тестирования АЦП на основе применения оборудования PXI фирмы National Instruments. Приведена схема включения микросхем, описана программная часть измерительного комплекса и пользовательский интерфейс в среде LabVIEW, описана методика тестирования, представлены типовые результаты.*

*Ключевые слова: PXI-4461, PXI-7841R, АЦП, LabVIEW, тестирование микросхем*

## 1. Постановка задачи

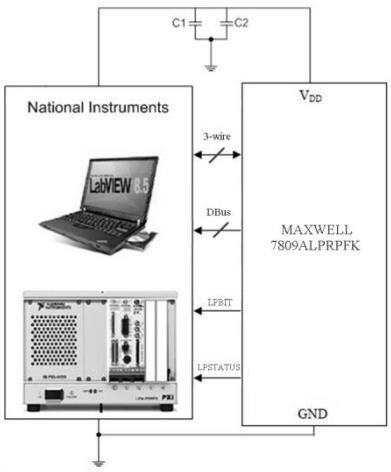
Аналого-цифровые преобразователи (АЦП) позволяют осуществлять преобразование входного аналогового сигнала в цифровой код, для возможности его дальнейшей программной обработки. Поэтому от точности преобразования, по сути, зависит объективность всех полученных данных. В связи с этим, точности аналого-цифровых преобразователей уделяется особое внимание при разработке устройств. Существует целый ряд параметров, необходимых для описания контроля корректности преобразования АЦП. Основные из них это: интегральная нелинейность (INL), дифференциальная нелинейность (DNL), смещение нуля (OSE), смещение полной шкалы (FSE) и другие… Необходим контроль данных параметров для дальнейшей уверенности в получаемых результатах при эксплуатации микросхемы в составе физических приборов и других устройств.

В данной работе объектом тестирования была микросхема 7809ALPRPFK (ф. Maxwell Technologies) – 16 разрядный АЦП. Задача данной работы включала автоматизацию измерений точностных параметров АЦП: интегральной и дифференциальной нелинейностей (INL, DNL) и смещения полной шкалы (FSE), а также контроля сбоев выходного кода АЦП. При построении автоматизированного комплекса тестирования необходимо было учесть высокое влияние шума входного сигнала, а также сократить время, затрачиваемое на измерение характеристик микросхемы.

## 2. Аппаратная часть измерительного комплекса

Автоматизация тестирования проводилась при помощи оборудования фирмы National Instruments, на основе аппаратной платформы PXIe-1073 со следующими установленными модулями: ; PXI-4110 – 3-х канальный источник питания и PXI-4461 – 24-х битный АЦП/ЦАП.

Включение микросхемы осуществлялось по схеме, представленной на рисунке 1. Для подключения АЦП к шасси PXIe-1073 использовалась специально разработанная печатная плата, служащая для соединения цифровых и аналоговых выводов микросхемы с портами модуля управления и сбора данных PXI-7841R, а также для подключения источника питания PXI-4110.




Для проведения тестирования

## 3. Программное обеспечение

Тестовое окружение и программное обеспечение было разработано в среде программирования LabVIEW 2010.

Программная часть была организована следующим образом: на FPGA, входящей в состав модуля PXI-7841R, была реализована программа взаимодействия измерительного оборудования с микросхемой: управление преобразованием, обработка сигналов, обмен данными. Фрагмент программы представлен на рисунке 2. Полученные данные при помощи FIFO передавались на управляющий персональный компьютер (ПК), где уже проходили дальнейшую обработку: построение гистограммы кодов и характеристики преобразования АЦП, измерение точностных параметров, вывод результатов на интерфейс пользователя, сохранение данных.

## 4. Алгоритм измерения точностных параметров

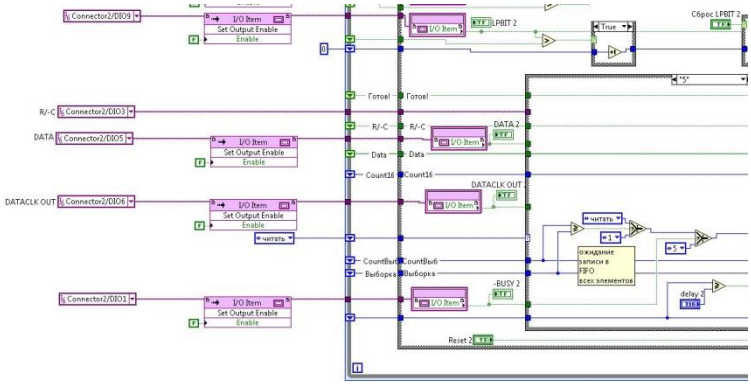


Рисунок 2 – Фрагмент программы управления и сбора данных FPGA

При измерении точностных параметров АЦП (INL, DNL, FSE) необходимо было принять во внимание высокую разрядность и невысокую производительность тестируемой микросхемы. Изначально рассматривались два возможных способа проведения измерений. Стандартный метод предусматривает подачу на вход АЦП напряжения с точного внешнего цифро-аналогового преобразователя (ЦАП) с шагом в 4 или более точки на младший значащий разряд (МЗР) АЦП в пределах его полной шкалы. Таким образом, ЦАП должен иметь заведомо большую разрядность, чем АЦП. Для исследуемого случая эффективная разрядность ЦАП модуля PXI-7841R в диапазоне 0…5 В составляет 14 разрядов. При этом последовательная генерация отдельных точек входного сигнала АЦП с помощью модуля PXI-4461 не приводит к резкому росту времени измерения, так как данный модуль не предназначен для работы в подобном режиме.

Второй способ использует аналоговый генератор входного сигнала и построение гистограмм выходного кода. На вход АЦП непрерывно подаётся периодический сигнал (синусоидальный или линейно изменяющийся) с размахом, покрывающим всю шкалу преобразования. В результате непрерывного считывания результата АЦП производится набор статистики во всем диапазоне характеристики, и строится гистограмма выходных кодов. Затем полученный массив данных обрабатывается для построения характеристики преобразования (ХП) АЦП с дальнейшим определением требуемых параметров. Данный метод позволяет компенсировать ошибки преобразования, вызванные шумами.

Непосредственное применение метода гистограмм приводило к значительной неравномерности распределения получаемых от АЦП кодов из-за малой производительности микросхемы. В работе использовалась модификация данного метода. Генератор аналогового сигнала PXI-4461 подавал на вход АЦП пилообразный высокочастотный сигнал малой амплитуды с постепенным нарастанием постоянной составляющей (рисунок 3), проходя, таким образом, всю шкалу преобразования АЦП. Данный способ позволил в значительной мере ускорить время снятия ХП, компенсировать влияния шума и обеспечить равномерное распределение вероятностей оцифровки выходных кодов. Тем самым удалось добиться снятия наиболее достоверной ХП.

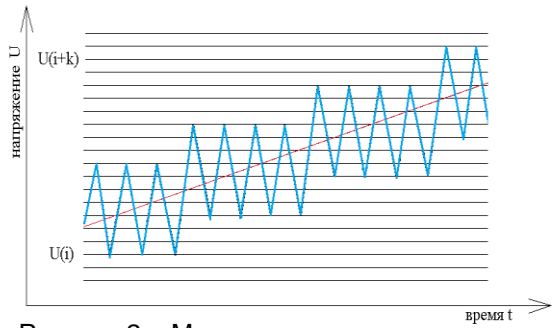



Рисунок 3 – Методика подачи напряжения на вход АЦП

## 5. Алгоритм контроля сбоев

Исследование микросхемы на сбои осуществлялось следующим образом. Микросхема находилась в режиме измерения постоянного входного сигнала. На первом шаге набиралась статистика выходных кодов АЦП объемом не менее 100 тыс. точек и строилась эталонная гистограмма. В дальнейшем, при контроле сбоев критерием возникновения сбоя являлся выход текущего кода за диапазон эталонной гистограммы (рисунок 4).

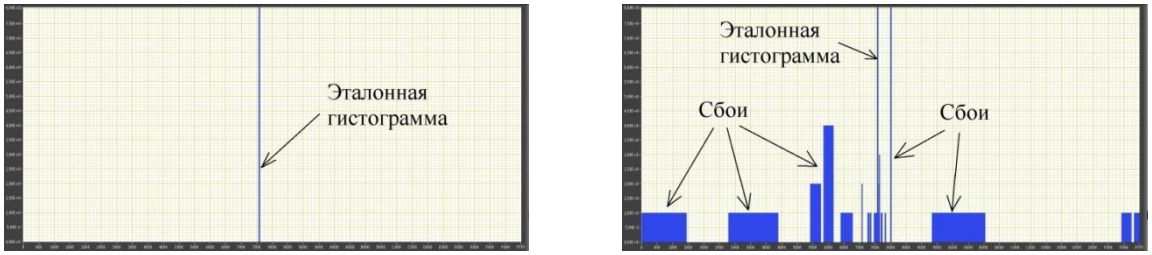



Рисунок 4 – Гистограммы получаемых от микросхемы кодов без сбоев (слева) и со сбоями (справа)

Параллельно с измерением выходного кода осуществлялся контроль выходных сигналов микросхемы, указывающих на срабатывание системы защиты от защелок. Данные полученные с выхода АЦП в момент защелки отфильтровывались.

Контроль сбоев осуществлялся в трех точках ХП: 5%, 50% и 95% полной шкалы.

Мониторинг гистограммы был организован в реальном времени (рисунок 5). Была реализована возможность выбора размера посылки, передаваемой из FPGA на ПК, тем самым позволяя регулировать частоту обновления данных.

В ходе выполнения программы велась постоянная запись данных в лог, что в дальнейшем позволило более тщательно обработать полученные в ходе тестирования микросхем данные. Для этой цели была написана отдельная программа, позволившая по имеющимся логам восстановить картину поведения микросхемы во время тестирования для детального анализа, а также ввести коррективы в обсчёт данных.

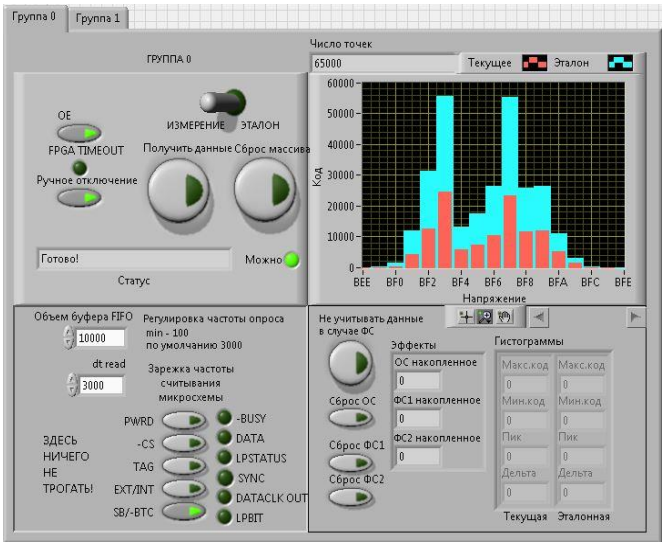



Рисунок 5 – Внешний вид программы контроля сбоев методом гистограмм

## 6. Внедрение и его перспективы

Разработанный программный комплекс был успешно внедрен в АО “ЭНПО СПЭЛС”, г. Москва. Планируется дальнейшая модификация комплекса для универсального использования при тестировании микросхем АЦП. Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 14-29-09210.

## 7. Список литературы

[1]. TUTORIAL 641. ADC and DAC Glossary - Maxim Integrated Products, Inc. Jul 22, 2002

[2]. TUTORIAL 283, INL/DNL Measurements for High-Speed Analog-to-Digital Converters (ADCs) - Maxim Integrated Products, Inc. Nov 20, 2001

[3]. Ванюшин И.В. МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ АЦП. - НИИ Физических Проблем, г. Зеленоград

[4]. 7809ALP 16-Bit Latchup Protected Analog to Digital Converter - Datasheet rev.1, Maxwell Technologies, July 2014

[5]. А.О. Ахметов, Д.В. Бобровский, А.А. Демидов, Г.С. Сорокоумов, Результаты экспериментальных исследований эффектов одиночных сбоев в АЦП при воздействии ТЗЧ. – Стойкость-2016 (с.148-149), г. Лыткарино, 7-8 июня 2016

[6]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

## 7809ALPRPFK ANALOG-TO-DIGITAL CONVERTER TESTING AUTOMATIZATION

D.S. Kostuchenko[1,2], A.B. Karakozov[1,2], P.V. Nekrasov[1,2]

*1. National Research Nuclear University “MEPHI”, Moscow, Russia*

*2. JSC “ENHO “Special Electronic Systems”, Moscow, Russia*

*The article describes the automated complex for ADC testing based on PXI hardware setup by National Instruments. Schematic circuit of the complex is presented, as well as measurement software and user interface in LabVIEW development environment. Testing method and typical test results are described.*

*Keywords: PXI-4461, PXI-7841R, ADC, LabVIEW, integrated circuit testing*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ БЕССЕНСОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА

Р.И. Леухин, Д.В. Шайхутдинов, В.В. Гречихин, К.М. Широков, Д.А. Щучкин

*ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Ростовская обл.*

*В статье рассматривается автоматизированная система для исследования экспериментальных бессенсорных методов диагностики электроприводов постоянного тока по их вебер-амперной характеристике, реализованная на основе оборудования фирмы National Instruments. В качестве эталонного метода оценки функциональности бессенсорных методов выбран метод на базе оценки вибрационной характеристики привода. Представлена структурная схема автоматизированной системы, ее особенности и функциональность. Представлен процесс испытаний системы и результат ее работы.*

*Ключевые слова: PXI-1078, электропривод, вибрационная характеристика, дефект, автоматизированная система, вибрационный датчик, прогнозирование*

## 1. Постановка задачи

Одним из источников шума и вибрации является эксплуатируемый в промышленности электропривод постоянного тока. По мере ухудшения его технического состояния, уровень шума и вибраций может многократно возрасти. При отсутствии должного и своевременного выявления дефектов, электропривод стремительно расходует свой ресурс и придет в негодное состояние, что повлечет за собой возникновение аварийно-опасных ситуаций как для персонала, так и для предприятия в целом.

Для контроля состояния электроприводов используется методы: вибродиагностики [1], метод диагностики по потребляемому току, диагностика по измеренному ЭДС. Данные методы, применяемые по отдельности, не позволяют в полном объеме выявить дефекты электропривода, возникающие на ранней стадии, а также не дают возможности определить имеющийся дефект и причину его появления. Для решения данной задачи в ходе предварительных исследований был предложен метод бессенсорной диагностики на базе контроля вебер-амперной характеристики. Апробация данного метода была выполнена для объектов типа пропорциональный электромагнит [2]. Целью данного исследования является разработка системы для исследований функциональности предложенного метода на объектах типа электропривод постоянного тока.

Важной задачей является получать, обрабатывать и анализировать полученную информацию от электропривода в процессе его работы. Далее необходимо в автоматическом режиме, в кратчайшие сроки идентифицировать дефект электропривода и этап его развития, вывести отчет о его техническом состоянии и возможную причину образования дефекта.

Работа посвящена созданию системы мониторинга и диагностики электродвигателя постоянного тока по его вибрационной характеристики при проведении испытаний на основе применения оборудования «PXI» фирмы National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 13. Для реализации системы была использована платформа NI PXIe–1078, контролер NI PXIe–8133, модуль сбора данных NI PXI-4462 [3], вибрационный датчик PCB 352C03, NI USB – 6009.

## 3. Описание решения

Структурная схема системы диагностики представлена на рис. 1.

В качестве объекта исследований использовался электропривод постоянного тока ПЯ – 250Ф. Для измерения вибрационного сигнала [4] применялся датчик PCB 352C03, который был установлен на электродвигатель с помощью клеящей эмульсии, для измерения потребляемого тока используется плата NI USB-6009, определение биения ротора производилось лазерным триангуляционным датчиком LS5. Внешний вид установки представлен на рис.2, где 1- электропривод постоянного тока; 2 вибрационный датчик PCB 352C03, 3 - плата NI USB-6009, 4 – лазерный датчик LS5, 5 – блок питания

электропривода. Сбор данных происходит в непрерывном режиме, сигнал от PCB 352C03 поступает на первый канал модуля сбора данных представляющего собой четырехканальный осциллограф NI PXIe-4462, данные с лазерного датчика передаются по каналу RS-232 в блок реального времени NI PXIe – 8133, оцифрованные показания тока и напряжения платой NI USB-6009 передаются на блок реального времени NI PXIe – 8133, далее с помощью программного обеспечения, реализованного на графическом языке программирования LABVIEW, сигналы фильтруется от наложенных шумов и обрабатываются.

Ранее предложен эффективный метод оценки комплексной оценки состояния электромагнитов постоянного тока по их вебер-амперной характеристике [2]. Одной из важных проблем для применения данного метода при оценке состояния электроприводов вращательного движения является определение ЭДС *e* обмоток для последующего расчета потокосцепления обмоток ψ. Для решения данной задачи предлагается использования следующей математической модели:

$$e = ui_{\text{я}}R_{\text{я}} - R_{\text{я}}T_{\text{я}}\frac{di_{\text{я}}}{dt},$$

где *U* – напряжение. подаваемое на якорь, $i_{\text{я}}$ – ток в якорной цепи, $R_{\text{я}}$ – сопротивление якорной цепи, $T_{\text{я}}$ – электромагнитная постоянная контура цепи якоря.

Данное уравнение содержит операцию идеального дифференцирования. Реально реализовать и измерить производную тока невозможно, поэтому вместо идеального звена с передаточной функцией

$$W(p) = T_{\text{э}}p + 1,$$

где $T_{\text{э}}$ – электромагнитная постоянная.

Используется реальное звено с передаточной функцией

$$W(p) = \frac{T_{\text{э}}p + 1}{T_{\Phi}p + 1}$$

где $T_{\phi}$ – эквивалентная постоянная времени фильтра, определяющая точность измерения ЭДС привода. Используя уравнение ЭДС электропривода постоянного тока (**ω**— угловая скорость вращения якоря, ф – магнитный поток, *k* – коэффициент трения):

$$E = k\Phi\omega$$

и уравнение движения электропривода, можно получить систему уравнений:

$$\begin{cases} U = E + I_{\text{я}}R_{\text{я}}(T_{\text{э}}p + 1), \\ I_{\text{я}} - I_{\text{с}} = \dfrac{ET_{\text{м}}p}{R_{\text{я}}}. \end{cases}$$

Решая эти уравнения получим

$$E = U\frac{1}{T_{\text{м}}T_{\text{э}}p^2 + T_{\text{м}}p + 1} - I_c R_{\text{я}}\frac{T_{\text{э}}p + 1}{T_{\text{м}}T_{\text{э}}p^2 + T_{\text{м}}p + 1}$$

Все математические операции производятся в языке программирования LabVIEW 13.

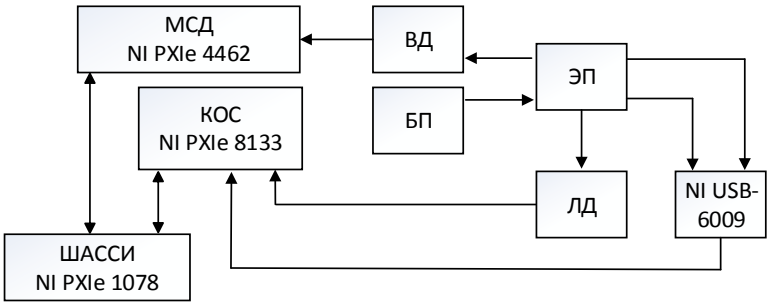



Рис. 1. Структурная схема системы

На рис. 1. представлены: ШАССИ NI PXIe-1078 – блок, реализующий взаимодействие между остальными элементами системы; КОС NI PXIe-8133– контроллер операционной системы; МСД NI PXIe-4462 – модуль сбора данных с датчика ускорения; ВД – вибрационный датчик; БП – блок питания; ЭП – электропривод, ЛД – лазерный датчик.

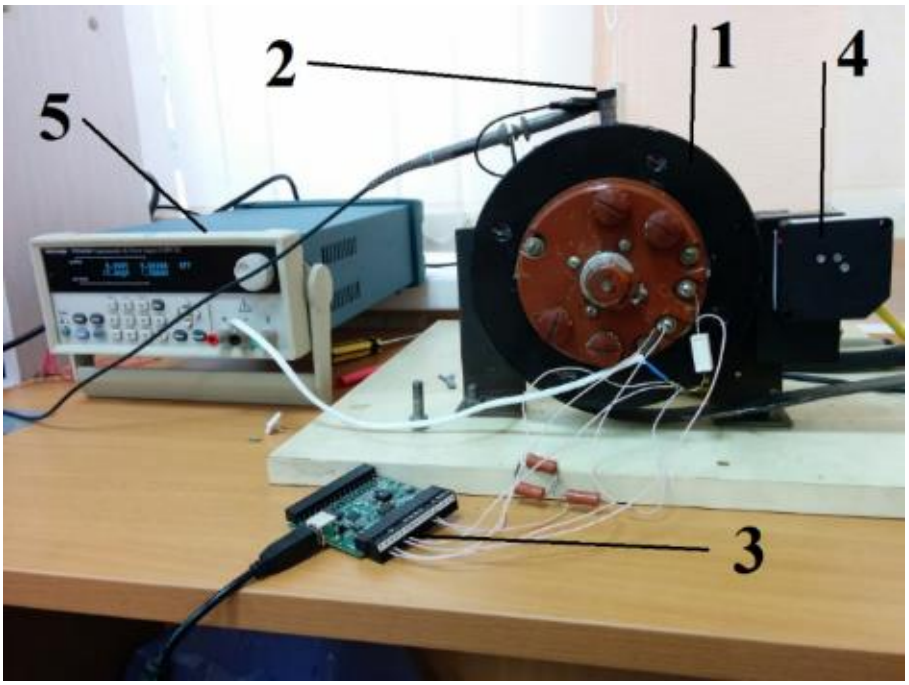



Рис.2. Внешний вид установки

Важнейшей составной частью автоматизированной системы комплексных испытаний является возможность идентификации и анализа дефекта электропривода, а также определения этапа его развития. Идентификация вида дефекта и степени опасности обнаруживаемых изменений состояния объекта выполняется по регистрируемым превышениям контролируемого параметра соответствующих пороговых значений и анализа накопившихся данных изменения этих параметров. Для каждого дефекта отводится определенная зона на полученных характеристиках электропривода, и задача идентификации сводится к определению наиболее вероятного состояния объекта в целом из множества возможных и идентификации дефекта. Это множество возможных состояний предварительно накапливается в базе данных системы. По данным анализа накопленных данных составляется прогноз, а при обнаружении быстрых изменений – оценивается время достижения аварийной ситуации. Для каждого из возможных состояний могут формироваться определенные рекомендации по устранению опасных изменений, или по уточнению вида и степени опасности, которые входят в предоставляемое описание обнаруженных изменений. Такой способ позволит в кратчайшие сроки выявить причину и устранить неисправность электропривода и даст возможность прогнозировать время развитие авариного состояния электропривода, при этом такой подход исключает влияние человеческого фактора.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разрабатываемую систему планируется к внедрению в ООО «ПК «НЭВЗ», г. Новочеркасск. Результаты работы получены при поддержке гранта РФФИ № 15-38-20652 «Развитие теории бессенсорных прогнозирующих методов управления и диагностики электроприводов».

**5. Список литературы**


[1]. Неразрушающий контроль: Справочник: В 7т. Под общей редакцией В.В.Клюева. Т. 7: В 2 кн. Кн. 2: Ф.Я. Балицкий, А.В. Барков, Н.А. Баркова и др. Вибродиагностика, - М.: Машиностроение, 2005. – 829с.

[2]. Leukhin R.I., Shaykhutdinov D.V., Leukhin V.I. Development Systems and Methods for Adaptive Control of Electromagnetic Actuators Based on Sensorless Control Weber-Current Characteristics // Procedia Engineering – 2016. – № 150. – pp. 347-353.

[3]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

[4]. Костюков, В.Н. Основы виброакустической диагностики и мониторинга машин // В.Н. Костюков, А.П. Науменко / Учебное пособие Омск: Изд-во ОмГТУ. 2011, - 360 с.


**AUTOMATED SYSTEM FOR THE INTEGRATED TEST DC MOTOR**


R.I. Leukhin, D.V. Shaykhutdinov, V.V. Grechikhin, K.M. Shirokov, D.A. Shuchkin

*Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI) Novocherkassk, Russia*



*The article deals with the automated system for the study of experimental diagnostic methods sensorless DC motor on their weber-ampere characteristic, implemented on the basis of National Instruments company equipment. The reference method of functional assessment methods for sensorless method is selected based on the evaluation of the vibration characteristics of the drive. The block diagram of the automated system, its features and functionality. Presented system testing process and the result of its work.*



*Keywords: PXI-1078, electric, vibration characteristics, defect, automated system, vibration sensor, prediction*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ

Р.К. Можаев[1] , М.Е. Черняк[1,2]

*1. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва*

*2. АО «ЭНПО Специализированные электронные системы», г. Москва*

*В данной статье приводится описание разработанного макета автоматизированной системы измерения оптических и электрических параметров лазерных диодов с использованием оборудования «PXI» фирмы National Instruments и системы измерения оптической мощности излучения фирмы OPHIR.*

*Ключевые слова: PXI-4110, PXI-4071, оптическая мощность, лазерный диод, системы оптической связи.*

## 1. Постановка задачи

Лазерные диоды - полупроводниковые источники оптического когерентного излучения, являющиеся одним из наиболее распространенных типов лазеров. К уникальным качествам лазерных диодов относятся: высокий коэффициент полезного действия, малые габариты, широкий диапазон возможных длин волн генерации и низкое напряжение питания. Всё это позволяет находить им широкое применение в таких областях как оптическая передача данных, оптическая запись информации, метрология, спектроскопия и многих других.

Элементы прецизионного оборудования, в частности лазерные диоды, нуждаются в качественной диагностике и точной оценке рабочих параметров. Для этих целей была разработана автоматизированная система, позволяющая оценить возможные изменения параметров от заданных норм после различных воздействий (тепловых, радиационных и.т.д.).

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2013. Для реализации системы была использована платформа NI PXI в составе шасси PXI-1033, источника питания PXI-4110, многофункциональным высокоточным измерительным устройством PXI-4071 [1]. Фотодиодный сенсор PD300R-3W с измерителем мощности Nova 2 фирмы OPHIR использовались для контроля оптической мощности излучения [2].

## 3. Описание решения

Структурная схема системы контроля параметров представлена на рис. 1.

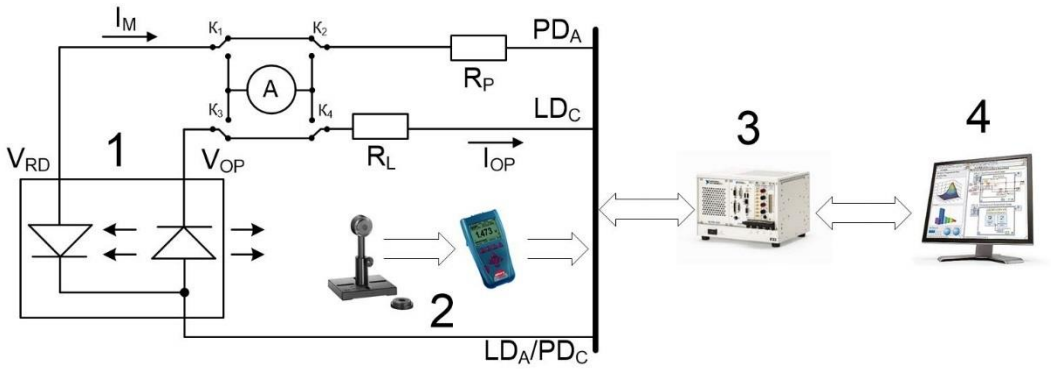



Рис. 1. Структурная схема системы.
1 – лазерный диод; 2- фотодиодный сенсор PD300R-3W с измерителем мощности Nova 2;
3- шасси с PXI-блоками; 4- персональный компьютер

В состав лазерного диода входит генерирующий лазерное излучение кристалл и измерительный фотодиод для обратной связи. Кристаллы располагаются в одном корпусе с тремя ножками (анод лазерного диода/катод фотодиода, катод лазерного диода и анод фотодиода) и выходным окошком.

При подаче прямого напряжения на лазерный диод оба кристалла входят в рабочий режим (прямое смещение лазерного диода, обратное смещение фотодиода). На схеме предусмотрены разъемы для подключения амперметра и измерения токов как через фотодиод, так и через лазерный диод. По току фотодиода можно судить о генерируемой мощности излучения лазерного диода.

Для количественной оценки мощности лазерного излучения использовался фотодиодный сенсор PD300R-3W. PD300R-3W позволяет проводить измерения в диапазоне мощностей от 5 нВт до 3 Вт в видимом и ближнем ИК-диапазонах (350 – 1100 нм). Измерения проводились в темном боксе для минимизации фонового излучения. Измеритель мощности Nova 2 был использован для первичной обработки данных от фотодиодного сенсора PD300R-3W и передачи информации в ПК по USB-интерфейсу.

Питание исследуемого образца задавалось с помощью источника PXI-4110 с использованием двух каналов - Channel 1 – питание лазерного диода (2,1 – 2,8 В) и Channel 2 – задание обратного смещения встроенного фотодиода (-5 В). Контроль тока лазерного диода осуществлялся встроенным в источник измерителем. Значение тока встроенного фотодиода, ввиду малых величин тока, определялось с помощью мультиметра PXI-4071. Информация о мощности оптического излучения, вместе с данными о токах, поступала в персональный компьютер, где происходила обработка и визуализация проведенных измерений.

Разработанная система позволяет контролировать следующие параметры:

| Наименование параметра | Обозначение параметра | Типичное значение |
|---|---|---|
| Пороговый ток | $I_{TH}$ | 30 мА |
| Рабочий ток | $I_{OP}$ | 160 мА |
| Рабочее напряжение | $V_{OP}$ | 2,5 В |
| Ток фотодиода | $I_M$ | 0 – 220 мкА |
| Выходная оптическая мощность | $P_O$ | 0 – 150 мВт |

Измерения проходят по следующему алгоритму: образец, помещается напротив фотодиодного сенсора (оба помещены в светонепроницаемый бокс). Через интерфейс виртуального прибора устанавливается рабочий диапазон напряжений, стартовое напряжение, желаемая начальная величина тока через лазерный диод, шаг тока в миллиамперах и количество шагов для построения зависимости оптической мощности от тока. Также указывается величина резистора для расчета падения напряжения и вычисления рабочего напряжения лазерного диода. При запуске виртуального прибора источник выставляет на оба канала напряжение 0 V, затем задается стартовое напряжение по первому каналу, которое увеличивается исходя из требуемого шага тока. При увеличении тока регистрируется рост мощности оптического излучения с характерным порогом, который определяется по следующей схеме:

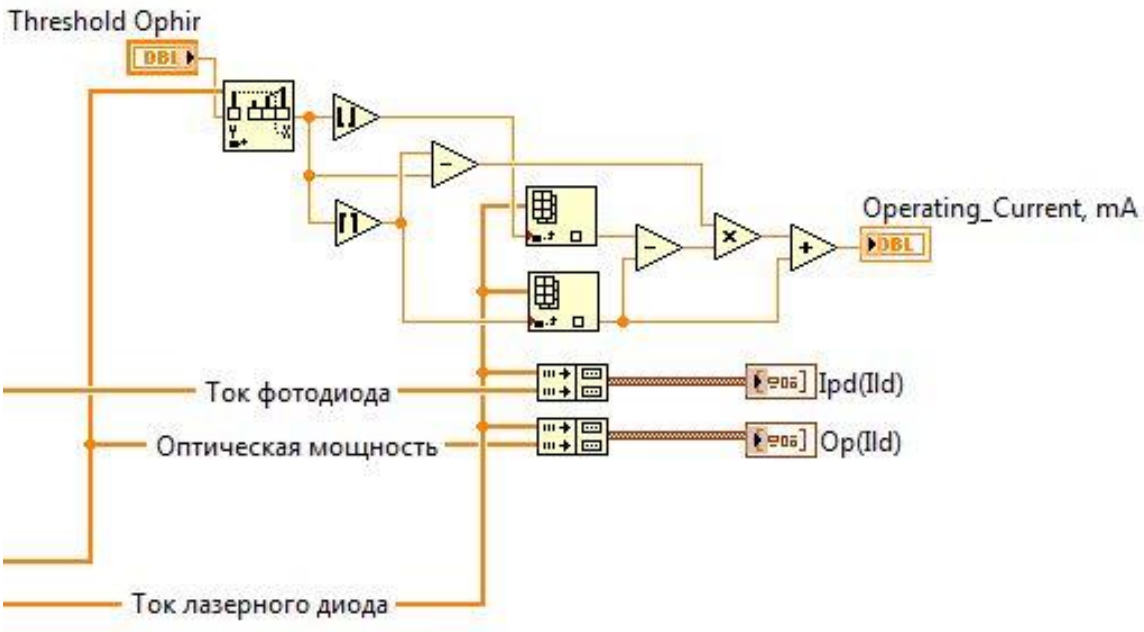



Рис. 2. Определение тока лазерного диода для конкретного значения мощности оптического излучения.

Для каждой итерации измерений выполнялась следующая последовательность: подстройка тока источником, измерение оптической мощности излучения лазерного диода, определение тока фотодиода с помощью PXI-4071 и тока, протекающего через лазерный диод, с помощью измерителя, встроенного в PXI-4110. После прохождения всех «точек», массив полученных данных выводится на график зависимости мощности оптического излучения от тока через лазерный диод (рис.3).

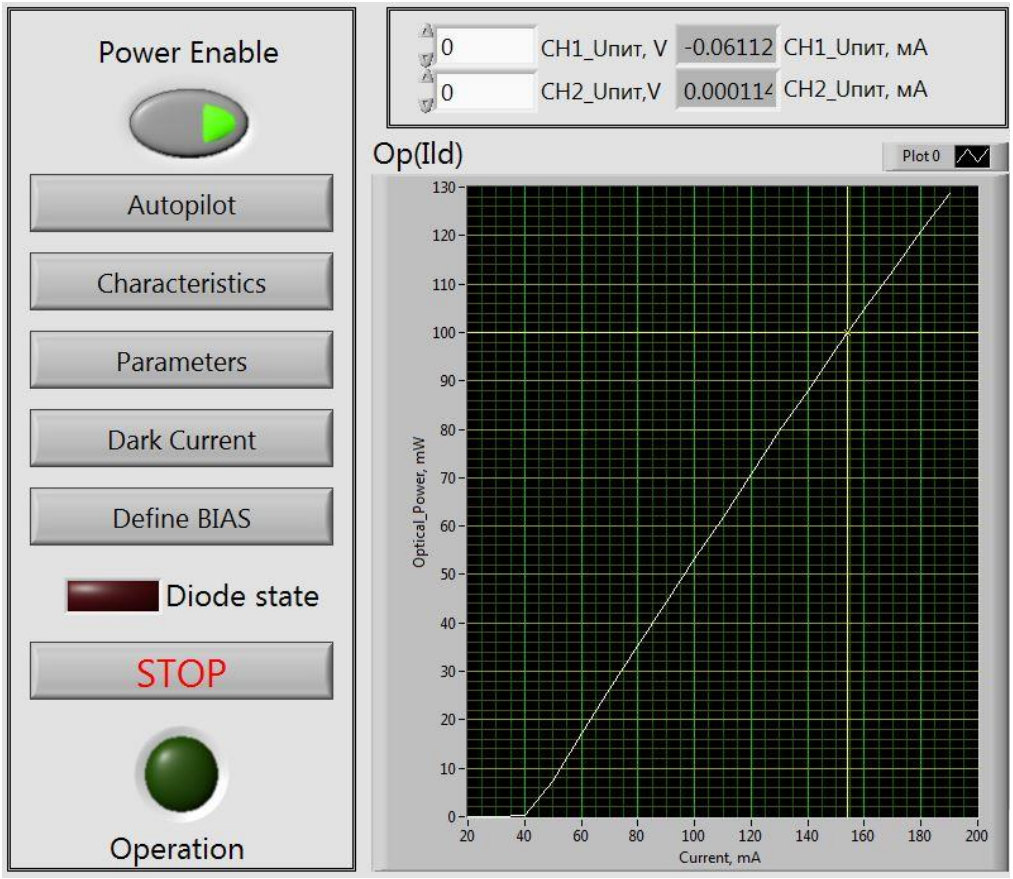



Рис. 3. Интерфейс прибора с построенной зависимостью мощности оптического излучения от тока, протекающего через лазерный диод.

В режиме определения рабочих параметров определяется значение тока лазерного диода, соответствующее определенному значению мощности оптического излучения.

В режиме измерения темнового тока прекращается подача напряжения на вход (анод) лазерного диода (он же катод встроенного фотодиода), а по второму каналу подается отрицательное напряжение -5V.

Для последовательного прохождения всех режимов предусмотрена функция автоматического последовательного измерения. Результаты контроля заносятся в excel-файл в выбранной директории для удобной обработки.

Созданная автоматизированная система позволяет существенно ускорить процесс проведения испытаний и повысить качество результата.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная система успешно применяется при оценке деградации рабочих параметров лазерных диодов после воздействия гамма-излучения, нейтронов и тяжелых заряженных частиц. Планируется создание адаптируемой версии под разнообразные оптоэлектронные изделия – лазерные диоды, фотодиоды и оптические волокна.

**5. Список литературы**

[1]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

[1]. http://www.ophiropt.com/ раздел на сайте Ophir

## AUTOMATED MEASUREMENT SYSTEM OF OPTICAL AND ELECTRICAL PARAMETERS OF LASER DIODES

R.K. Mozhaev[1] , M.E. Cherniak[1,2]

1. National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, Russia
2. JSC "ENGOs SPECIAL ELECTRONIC SYSTEM», Moscow, Russia

*The article discusses the system of automated optical and electrical parameters of laser diodes measurement using a National Instruments PXI-platform and Ophir laser power sensors.*

*Keywords: PXI-4110, PXI-4071, optical power, laser diode, fiber-optic communication.*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МОНОХРОМНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ПЗС-СЕНСОРОВ

Н.А. Комарова[1,2] , М.Е. Черняк[1,2]

*1. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва*

*2. АО «ЭНПО Специализированные электронные системы», г. Москва*

*В данной статье приводится описание разработанного макета автоматизированной системы контроля параметров монохромных линейных ПЗС-сенсоров с использованием оборудования «PXI» фирмы National Instruments. Рассмотрена аппаратная и программная часть проекта.*

*Ключевые слова: PXI-4110, PXI-7953R, ПЗС-сенсор, аналого-цифровой преобразователь, обработка изображения.*

## 1. Постановка задачи

Несмотря на возрастающую популярность КМОП-сенсоров фоточувствительные приборы с зарядовой связью (ПЗС) по-прежнему актуальны и обладают рядом преимуществ – высокая чувствительность, малые темновые токи, а также высокая плотность фоточувствительных элементов [1]. Линейные ПЗС-сенсоры нашли широкое применение в сферах спектрометрии, сканирования, а также дистанционного зондирования Земли, что делает актуальным контроль параметров сенсоров при различных внешних воздействиях.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для разработки автоматизированной системы использовалось программное обеспечение NI LabVIEW 2013. Аппаратный комплекс включает в себя программируемый FPGA-модуль PXI-7953R с модулем драйверов NI-6581, два программируемых источника питания PXI-4110 для задания требуемых уровней питания, мультиметр PXI-4071 для измерения токов потребления каналов питания, а также источник питания HY3003D-3 для задания питания электромагнитных реле [2].

## 3. Описание решения

Структурная схема системы контроля параметров представлена на рисунке 1.

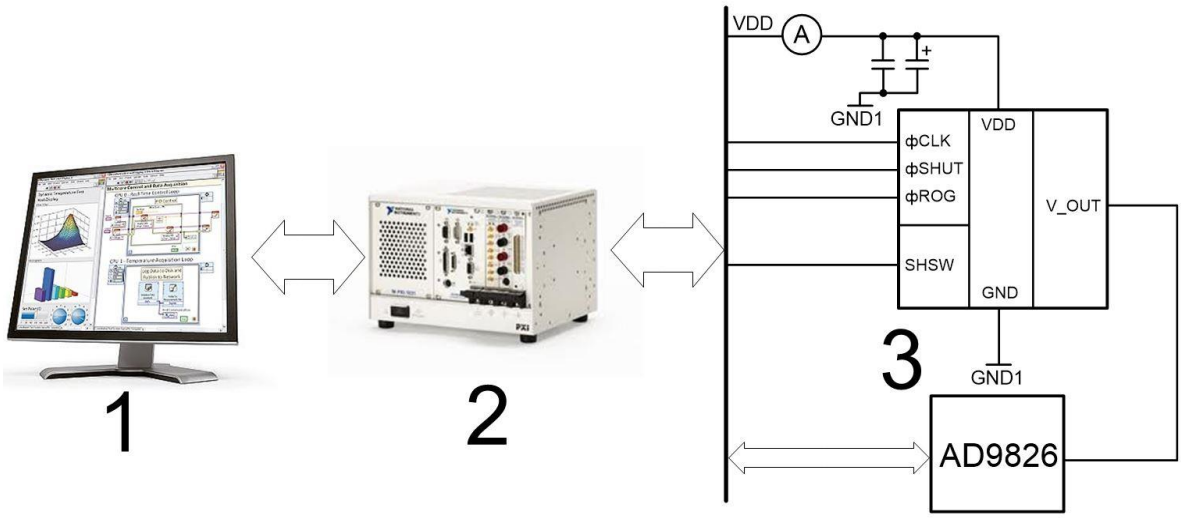



Рис. 1. Структурная схема системы.
1 – компьютер под управлением LabVIEW; 2 –аппаратный комплекс фирмы National Instruments; 3 –микросхема ILX751B; A – амперметр (в составе аппаратного комплекса)

Управление исследуемой схемой осуществляется посредством персонального компьютера со специально разработанным программным обеспечением. Имеется возможность сохранения полученных данных от линейного сенсора в формате TIFF. Для оцифровки данных с ПЗС-сенсора используется 16-битный сигнальный процессор AD9826. Задание необходимых уровней питания схемы осуществляется через подстраиваемые стабилизаторы напряжения. Оцифрованные данные подаются в блок NI через восьмиразрядный буфер 74AC540. Подключение амперметра осуществляется посредством электромагнитных реле.

Программная часть состоит из двух основных блоков: «Target» и «Host». «Target» – часть программы, определяющая конфигурацию FPGA-модуля. Сформированная структура отвечает за задание требуемой последовательности управляющих сигналов. «Host» – виртуальный прибор, отвечающий за управление FPGA-модулем и остальными PXI-модулями.

Блок «Target» состоит из трех параллельных циклов: цикл формирования управляющих сигналов и записи в динамическую память, цикл считывания из динамической памяти в память типа FIFO (First Input First Output) и цикл записи/считывания управляющих регистров АЦП.

Предусмотрен одиночный и многократный запуск управляющих сигналов. Все управляющие сигналы выполнены на независимых генераторах с помощью цикла Timed Loop с частотой 100 МГц. Типичная структура генератора одной управляющей линии приведена на рисунке 2. Каждый период состоит из нескольких фаз, значения которых сравниваются с текущими значениями двух счетчиков. Первый счетчик отвечает за начало формирования сигнала и за количество импульсов, второй счетчик отвечает за переключение логического уровня. Данная структура позволяет регулировать количество управляющих импульсов, их скважность, а также сдвигать их начало относительно других линий.

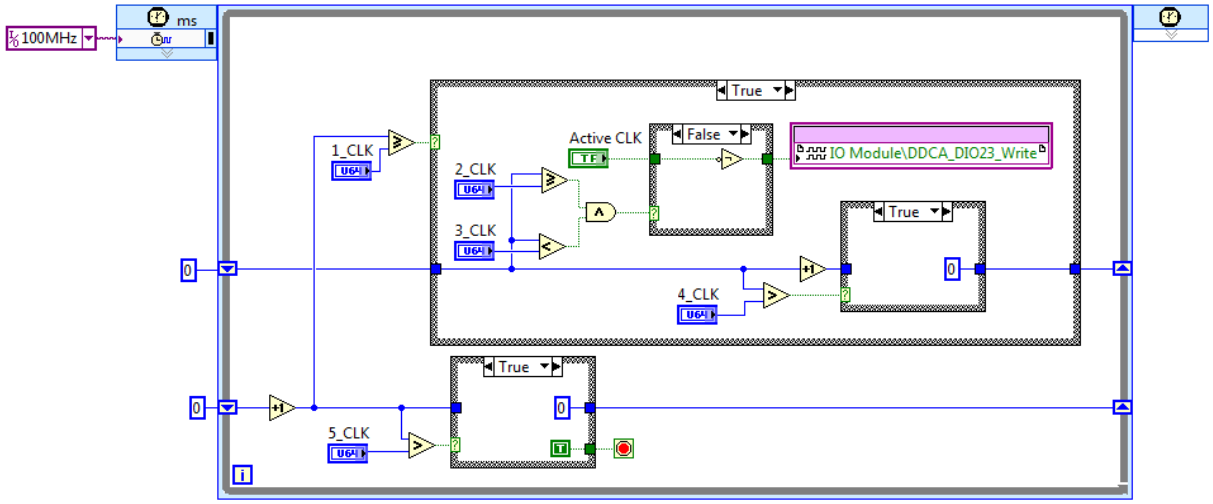



Рис. 2. Цикл формирования тактового сигнала ПЗС-сенсора.

При поступлении команды из «Host» происходит запись данных в динамическую память. Частота и начальный адрес записи регулируются отдельными счетчиками. В каждой итерации значение счетчика инкрементируется и при значении, равном частоте записи, происходит запись данных по соответствующему адресу. Далее счетчик сбрасывается, а адрес записи инкрементируется. После записи данных в динамическую память программа производит перенос данных из динамической памяти в память типа FIFO, из которой возможно дальнейшее считывание и обработка в программном блоке «Host».

Третий цикл блока «Target» отвечает за управление последовательным интерфейсом I2C, задающим управляющий сигнал SDATA и тактовый сигнал SCLK. Данный цикл позволяет программировать конфигурационные регистры АЦП. Предварительно в отдельном цикле формируется массив данных для всех регистров, включающий в себя бит чтения/записи, 3 бита адреса регистра и 8 бит данных. Система позволяет оцифровывать до трех каналов, с возможностью подстройки смещения и множителя преобразования.

Блок программы «Host» позволяет регулировать напряжение питания и ограничение по току источников PXI-4110, а также получать результаты измерений мультиметра PXI-4071. Также в данном цикле непрерывно опрашивается кнопка STOP, по нажатию которой происходит сброс всех настроек, отключение питания и выход из программы.

Основной цикл программы выполнен на основе конечного автомата с несколькими состояниями, позволяющими переконфигурировать регистры АЦП, подавать управляющие сигналы для АЦП и ПЗС-

сенсора, получать данные с видеовыхода и преобразовывать их в изображение, измерять основные параметры и контролировать токи по каналам питания. Переход в нужное состояние осуществляется по нажатию соответствующей кнопки с помощью структуры Event Structure.

При каждом запуске программы после инициализации происходит переход конечного автомата в состояние ADC_Write, в котором посредством обращения к программному коду FPGA перезаписываются значения регистров АЦП, а затем в состояние ADC_Read, где считываются текущие значения регистров. Это позволяет пользователю убедиться, что запись произошла корректно. Далее в непрерывном режиме посредством обращения к коду «Target» программа получает данные с видеовыхода линейного сенсора и после оцифровки выводит полученное изображение в специальном видеополе.

Разработанная система позволяет контролировать напряжение насыщения, темновое напряжение, неравномерности фоточувствительности и темнового выходного напряжения, динамический диапазон и токи потребления по каналам питания ПЗС-сенсора. При нажатии кнопки измерения соответствующего параметра программа сохраняет изображение и по полученным данным производит измерение выбранного параметра. Типичное изображение, полученное с ПЗС-сенсора приведено на рисунке 3. В начале и конце кадра расположены пиксели, защищенные от света, предназначенные для определения опорного темнового уровня.

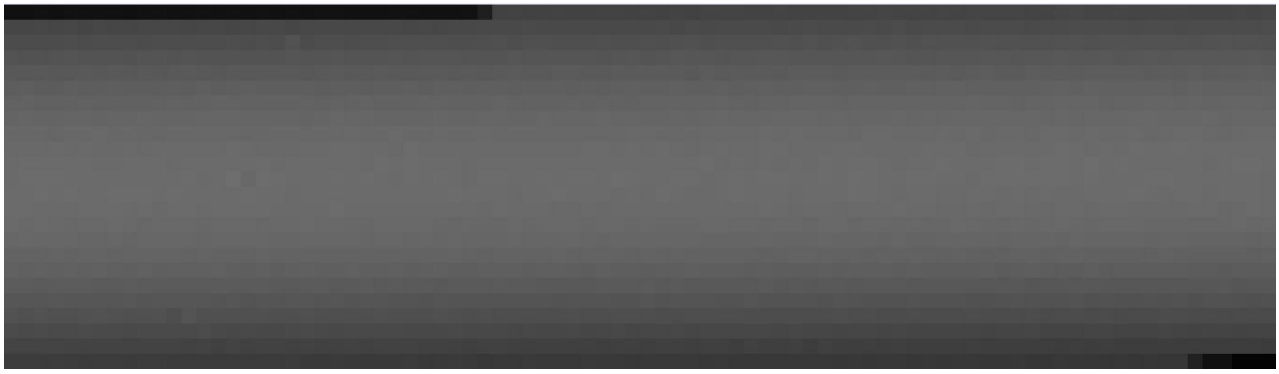


Рис. 3. Типичное изображение, полученное с помощью автоматизированной системы.

Предусмотрено состояние автоматического измерения всех параметров (Autopilot) и запись результатов в excel-файл. Созданная автоматизированная система позволяет существенно ускорить процесс проведения испытаний и повысить качество результата.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанный комплекс успешно применяется при оценке деградации рабочих параметров фоточувствительных матриц во время испытаний на радиационную стойкость. В дальнейшем планируется усовершенствование макета с целью уменьшения уровня шумов при считывании кадра. Работа частично выполнена в рамках государственного задания 8.826.2014/К Минобрнауки России.

**5. Список литературы**

[1]. Gerald C. Holst., Terrence S. Lomheim. CMOS/CCD Sensors and Camera Systems. – 2011

[2]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

**AUTOMATED MEASUREMENT SYSTEM OF MONOCHROME LINEAR PHOTODIODE ARRAYS**

N.A. Komarova[1,2], M.E. Cherniak[1,2]

3. National Research Nuclear University «MEPhI», Moscow, Russia

4. JSC "ENGOs SPECIAL ELECTRONIC SYSTEM», Moscow, Russia

*The article discusses the system of automated measurement parameters of linear photodiode arrays using a National Instruments PXI-platform. Hardware and software solution are described.*

*Keywords: PXI-4110, PXI-7953, CCD-sensor, analog-to-digital converter, image processing.*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ МИКРОСХЕМ СТАНДАРТА MIL-STD-1553

А.Е. Руденков[1], А.О. Ахметов[1,2], Д.В. Бобровский[1,2]

*1. АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва; 2. НИЯУ «МИФИ», г. Москва*

*В статье представлена автоматизированная система функционального и параметрического контроля микросхем стандарта MIL-STD-1553A/B (ГОСТ Р 52070-2003) на основе оборудования «PXI» фирмы National Instruments. Приведена блок-схема автоматизированной системы. Описан процесс тестирования, приведены описания программного и аппаратного обеспечения.*

*Ключевые слова: PXI-7841R, PXI-4110, AIM-1553, MIL-STD-1553, функциональный контроль, параметрический контроль*

## 1. Постановка задачи

В современных космических аппаратах, военной и специальной технике широко применяется стандарт MIL-STD-1553A/B (ГОСТ Р 52070-2003, STANAG 3838 AVS), предназначенный для обмена информацией между составными частями приборов и РЭА по дублированному мультиплексному каналу передачи данных (МКПД) [1].

Среди разнообразия элементной базы можно выделить следующие группы активных ИС для построения линии связи по ГОСТ Р 52070-2003: драйвер шины, цифровая управляющая логика (ЦУЛ) (кодеры/декодеры, ОЗУ и др.) и микросборки/ИС, объединяющие драйверы шины и ЦУЛ. В последние годы развитие технологии производства ИС позволяет объединять два драйвера шины и ЦУЛ на одном кристалле, а также объединять два драйвера шины, ЦУЛ и согласующие трансформаторы в одном корпусе.

Разнообразие активных ИС для построения линии связи по стандарту MIL-STD-1553A/B затрудняет проведение функционального и параметрического контроля при проведении испытаний на внешние воздействующие факторы (ВВФ).

Работа посвящена созданию автоматизированной системы функционального и параметрического контроля при проведении испытаний на основе применения оборудования «PXI» фирмы National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW с модулем NI LabVIEW FPGA. Для аппаратной реализации системы была использована платформа NI PXIe-1033 с 5-ю слотами и интегрированным контроллером стандарта MXI, источник питания PXI-4110, универсальная плата ввода/вывода PXI-7841R и модульный прибор ACX-155-3U производства ф. AIM совместимый с оборудованием NI и программируемый в среде LabVIEW.

## 3. Описание решения

Платформа PXI-1033 с установленными модульными приборами, через блок коммутации соединяется с объектом испытаний – ИС стандарта MIL-STD-1553. Источник питания PXI-4110 осуществляет подачу и мониторинг питающего напряжения. Универсальная плата ввода/вывода PXI-7841R осуществляет управление объектом испытаний. Модульный прибор ACX-1553-3U производит прием и передачу данных по МКПД, а так же проверяет достоверность принятых и переданных данных. ACX-1553-3U имеет две независимых шины МКПД, что, при необходимости, может позволить подключать две активные микросхемы одновременно. Данный модуль может работать в режиме контроллера шины, оконечного устройства, а также монитора шины, осуществляя контроль данных передаваемых по шине. Блок-схема автоматизированной системы параметрического и функционального контроля представлена на рис. 1.

Управление и контроль осуществляется персональной IBM-совместимой ЭВМ (ПЭВМ) по шине MXI. Программное обеспечение, написанное в среде LabVIEW, осуществляет программирование объекта, управление режимами работы, сбор, обработку и графическое представление получаемой информации.

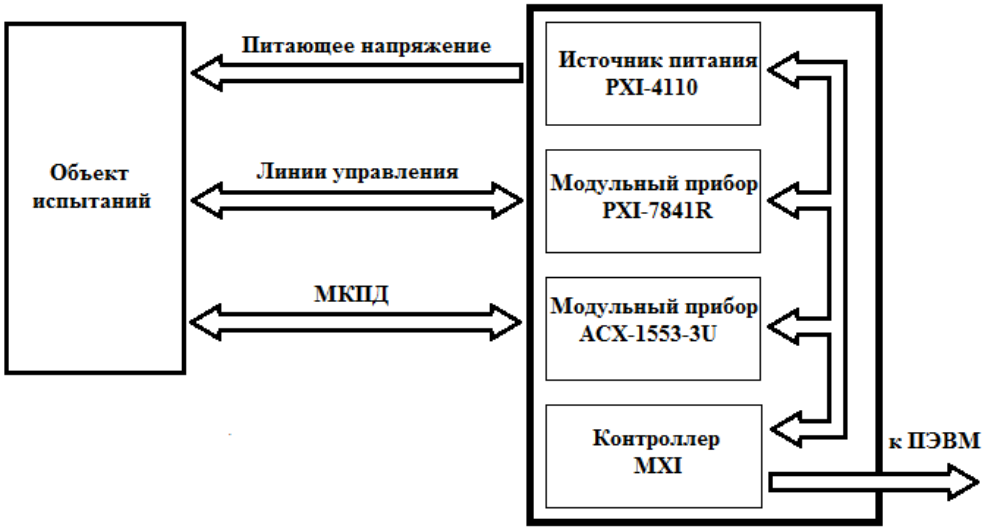



Рис. 1. Блок-схема системы параметрического и функционального контроля.

Перед началом тестирования конфигурационная информация, записанная в текстовый файл, загружается в регистры управления и конфигурационную память объекта испытаний. Периодически проводится функциональный и параметрический контроль. В состав функционального контроля входит: прием и передача данных по МКПД и контроль достоверности принятых и полученных данных; запись данных в ОЗУ, с последующим чтением и сравнением. Предусмотрена возможность автоматической перезаписи регистров управления и конфигурационной памяти при обнаружении ошибок функционирования. Параметрический контроль включает в себя измерение токов потребления в статическом и динамическом режимах, измерение напряжений выходных логических уровней, измерение амплитуды выходного сигнала исследуемого образца на шине МКПД. Результаты контроля записываются в текстовый файл и выводятся на монитор ПЭВМ оператора.

Созданная автоматизированная система успешно апробирована для тестирования микросхем стандарта MIL-STD-1553A/B (ГОСТ Р 52070-2003). Применение данной системы позволило существенно ускорить процесс тестирования и повысить достоверность получаемого результата. Использование модульных приборов и программного обеспечения LabVIEW позволяет в кратчайшие сроки адаптировать автоматизированную систему под конкретную микросхему стандарта MIL-STD-1553A/B.

## 4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система функционального и параметрического контроля успешно внедрена в АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва. Планируется в дальнейшем применять данную систему при проведении испытаний микросхем стандарта MIL-STD-1553A/B.

## 5. Список литературы

[1]. ГОСТ Р 52070-2003 Интерфейс магистральный последовательный системы электронных модулей. Общие требования.

[2]. Руденков А.Е., Ахметов А.О., Семенов С.В., Сорокоумов Г.С., Бобровский Д.В. Состав критериальных параметров при проведении радиационных испытаний микросхем, предназначенных для обмена данными по ГОСТ Р 52070-2003. Стойкость 2016.

[3]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

[4]. https://ru.wikipedia.org/wiki/MIL-STD-1553/

# AUTOMATED MEASURING SYSTEM FOR MIL-STD-1553 INTEGRATED CIRCUITS FUNCTIONAL AND PARAMETRIC CONTROL

A.E. Rudenkov[1], A.O. Akhmetov[1,2], D.V. Bobrovsky[1,2]

*1. JSC "ENPO SPELS", Moscow, Russia*

*2. National Research Nuclear University "MEPhI"*

*The paper describes automated system for MIL-STD-1553 integrated circuits functional and parametric control based on National Instruments hardware and software. Automated measuring system block-scheme is presented. The paper discusses the process of ICs testing and software and hardware description.*

*Keywords: PXI-7841R, PXI-4110, AIM-1553, MIL-STD-1553, functional control, parametric control, testing of electronic components*

# АВТОМАТИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОНОХРОМАТОРА МДР-2 ЛОМО

А.В. Ермачихин, С.И. Мальченко, В.Г. Литвинов, О.М. Мокина, А.Д. Маслов

*Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань*

*В статье рассматривается процесс автоматизации спектральных исследований с помощью монохроматора МДР-2 Ломо на основе платы сбора данных NI PCI-6251 и терминального блока BNC-2120. Показаны основные узлы, которые позволили автоматизировать процесс спектральных исследований с помощью монохроматора МДР-2 Ломо. Описан процесс проведения спектральных исследований под управлением программного обеспечения, разработанного в среде инженерного графического программирования LabVIEW 2010.*

*Ключевые слова: NI PCI-6251, BNC-2120, МДР-2 Ломо, дифракционная решетка, электронный блок управления*

**Постановка задачи**

В научных лабораториях в настоящее время еще используются для спектральных исследований монохроматоры МДР-2 Ломо [1], выпущенные много лет назад. Параметры и характеристики этих приборов вполне соответствуют современным требованиям, однако все процессы проведения спектрального анализа проводятся вручную. Современная элементная база и программное обеспечение вполне позволят автоматизировать процесс спектрального анализа. В этой связи была поставлена задача автоматизации спектрального анализа с применением монохроматора МДР-2 Ломо. Для этого следовало решить следующие задачи:

- обеспечить непрерывное вращение дифракционной решетки, которая формирует монохроматический спектр на выходной щели монохроматора, и связанного с дифракционной решеткой барабана с относительной шкалой;
- обеспечить привязку относительной шкалы барабана к конкретной длине волны формируемого излучения;
- обеспечить преобразование положения барабана в цифровой код и на его основе формировать значения конкретной длины волны излучения в выходной щели монохроматора;
- обеспечить преобразование в цифровой код выходного сигнала детектора оптического излучения на выходной щели монохроматора;
- разработать программное обеспечение для управления процессом проведения спектрального анализа.

**Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2010 с применением платы сбора данных NI PCI-6251 и терминального блока BNC-2120.

**Описание решения**

При автоматизации спектрального анализа с применением монохроматора МДР-2 использовались особенности его конструкции. Основным элементом монохроматора является дифракционная решетка, которая вращается вместе с барабаном, на котором нанесена шкала с делениями. Эти деления непосредственно не привязаны к конкретным длинам волн формируемого спектра, и цена каждого деления определяется минимальной и максимальной длиной волны применяемой дифракционной решетки при соответствующем пересчете. Общее количество делений на барабане равно 800. Для прохода от деления с меткой 0 до деления с меткой 800 барабан делает полных 8 оборотов. Предполагается при этом, что дифракционная решетка формирует набор длин волн от минимального ее значения до максимального. Например, если в монохроматор установлена дифракционная решетка с параметрами $L_{min}$ = 400 нм и $L_{max}$ = 1250 нм, то цена одного деления барабана $N$ будет рассчитана по следующей формуле

$$N = (L_{max} - L_{min}) / 800 \text{ [нм/дел]}. \quad (1)$$

Для указанных параметров решетки $N$ = 1,0625 нм/дел. Используя соотношение (1) можно составить таблицу соответствия каждого деления барабана и соответствующей длины волны. Коэффициент N можно изменять в небольших пределах для более точной подстройки цены деления под длину волны в случае калибровки системы.



Рис. 1. Редуктор привода дифракционной решетки.




Рис. 2. Вид программного диска с отверстиями и оптопары.

Для управления вращением дифракционной решетки монохроматора совместно с барабаном на его ось надет редуктор (рис. 1), который приводится во вращение электродвигателем постоянного тока типа ДПР-42-Ф1-02. На редукторе закреплен программный диск с отверстиями. В этом диске сформированы 100 отверстий диаметром 2 мм. Диск с отверстиями используется совместно с оптопарой для определения положения барабана и, следовательно, положения дифракционной решетки (рис. 2). Это в свою очередь позволяет с учетом коэффициента *N* для конкретной решетки определять длину волны оптического излучения на выходной щели монохроматора.

Управление монохроматором обеспечивается электронным блоком управления, платой NI PCI-6251сбора данных, терминальным блоком NI BNC-2120 и программой, разработанной на языке инженерного графического программирования NI LabVIEW 2010 [2]. Программа обеспечивает управление электродвигателем и, следовательно, поворотом дифракционной решетки, определяет конкретное ее положение по отношению к начальной установке шкалы барабана и переводит в значение длины волны выходного оптического излучения. Все это привязано к конкретным делениям на барабане в соответствии с установленной дифракционной решеткой. Оператор указывает в программе тип решетки, начальное положение барабана, с которого начинается вращение и количество отсчетов по шкале барабана. Вращение барабана и анализ спектра может осуществляться как в направлении увеличения длины волны спектра (вращение вперед) так и в направлении уменьшения длины волны (вращение назад). Поворот барабана на одно отверстие, которое фиксируется в программном диске оптопарой (рис. 2) соответствует изменению длины волны на величину *N*. Оператор во время начальной установки данных для анализа с помощью программы может вращать барабан с небольшим шагом, не превышающим величины *N*/4. Это позволяет более точно установить начальные значения делений на шкале барабана. Если положение оптопары совпадает с отверстием в программном диске, то начинает светиться контрольный светодиод. Используя всю эту информацию, оператор может более точно выставить начальные значения шкалы барабана для анализа спектра.

К выходной щели монохроматора подключен широкополосный детектор оптического излучения. Усиленный аналоговый сигнал с этого детектора поступает через терминальный блок BNC-2120 на АЦП платы сбора данных. С помощью электронного блока управления АЦП производит один отсчет при совпадении центра отверстия на программном диске с положением оптопары. Это позволяет проводить анализ спектра с дискретностью не менее значения *N* для любой решетки. Полученные отсчеты АЦП формируются в массив, который затем используется для построения спектра.

В программе предусмотрен режим анализа спектра с шагом 0,1*N*. Для этого после совпадения центра отверстия на программном диске с положением оптопары запускается дополнительно 10 отсчетов АЦП. Массив этих отсчетов затем встраивается между отсчетами АЦП, которые получены при совпадении центра отверстия на программном диске с положением оптопары. Таким образом,

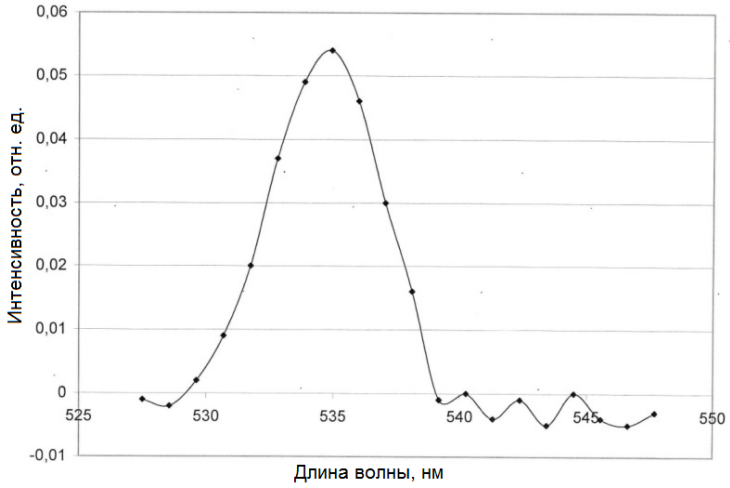



Рис. 3. Спектр излучения полупроводникового лазера с длиной волны 535 нм и дискретностью *N*.

программа формирует массив данных для спектра с дискретностью приблизительно 0,1*N*, что позволяет детализировать исследуемый спектр.

При проведении анализа с дискретностью *N* на графической панели, которая отображается на экране монитора персонального компьютера (ПК), формируется спектр в реальном масштабе времени. По окончании анализа оператору предлагается записать полученный массив данных спектра в файл. Аналогично происходит работа программы и в режиме анализа спектра с дискретностью 0,1*N*. Однако в этом режиме спектр отображается на графической панели только после окончания анализа. Это связано с особенностями формирования окончательного массива данных. В программе предусмотрен режим, когда на графические панели на мониторе ПК выводятся оба полученных спектра как с дискретностью *N*, так и с дискретностью 0,1*N*. Программа выполнена так, что в этом состоянии на графические панели всегда выводятся только последние полученные спектры.

Полученные массивы данных спектров можно записать в файлы в текстовом формате. Затем эти данные можно перевести в формат программ MathCAD или Excel для дальнейшей детальной обработки. На рис. 3. представлен пример полученного на автоматизированном монохроматоре МДР-2 с дискретностью *N* спектра излучения полупроводникового лазера с длиной волны 535 нм с использованием дифракционной решетки, обеспечивающей работу в диапазоне длин волн 400 нм – 1250 нм, в формате программы Excel.

Таким образом, разработанная программа совместно с аппаратной частью позволяет проводить спектральный анализ в автоматическом режиме с использованием монохроматора МДР-2, что упрощает, ускоряет и удешевляет проведение научных исследований.

**Внедрение и его перспективы**

Автоматизированный монохроматор используется на кафедре микро- и наноэлектроники РГРТУ в лаборатории Регионального центра зондовой микроскопии коллективного пользования (РЦЗМкп) для проведения научных исследований.

**Список литературы**

[1]. Монохроматор светосильный МДР-2. Техническое описание и инструкция по эксплуатации. – ЛОМО. – 1979.

[2]. Тревис Дж. LabVIEW для всех/ Джеффри Тревис: Пер. с англ. Клушин Н.А. – М.ЖДМК Пресс; ПриборКомплект, 2005. – 544 с.

**AN AUTOMATION OF SPECTRAL INVESTIGATION USING MONOCHROMATOR MDR-2 LOMO**

A.V. Ermachikhin, S.I. Malchenko, V.G. Litvinov, O.M. Mokina, A.D. Maslov

*Ryazan State Radioengineering University*, Ryazan, Russia

*In this paper a process of automation of spectral investigation using monochromator MDR-2 LOMO based on data acquisition board NIPCI-6251 and terminal device BNC-2120 is considered. The main parts of the process that allow to automate spectral investigations by monochromator MDR-2 LOMO are shown. The process of executing of spectral investigations that controlled by special software written in visual programming language LabVIEW 2010 is described.*

*Keywords: NIPCI-6251, BNC-2120, MDR-2 LOMO, diffraction grating, electronic control unit*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КВАДРАТУРНОГО ФОРМИРОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ

К.К. Храмов[1], И.Д. Грошков[2]

*1. Муромский институт (филиал) ВлГУ, г. Муром, Владимирская обл.*

*2. АО «МЗ РИП», г. Муром, Владимирская обл.*

*В работе рассматривается процесс создания автоматизированной системы исследования и анализа динамических характеристик квадратурного формирователя сигналов, которая построена на базе модульной платформы PXI фирмы National Instruments. Рассмотрена структурная схема системы, описаны ее назначение, области применения и принцип работы. Приведены некоторые результаты ее функционирования.*

*Ключевые слова: PXIe-1085, PXIe-6537, квадратурные сигналы, квадратурный модулятор, формирование сигналов.*

**Постановка задачи**

При разработке устройств формирования сложных радиосигналов с требуемыми спектрально-временными характеристиками с помощью квадратурных модуляторов в современных системах связи, телевидения и радиолокации возникает задача формирования модулирующих сигналов, которые обеспечивают такие характеристики [1, 2].

На этапе отладки проектируемого формирователя эта задача чаще всего решается посредством использования векторных генераторов, позволяющих синтезировать квадратурные модулирующие сигналы для реализации радиосигналов различных форм – от непрерывных немодулированных колебаний до многочастотных сигналов с различными видами модуляции. Однако в ряде случаев функциональных возможностей векторных генераторов может оказаться недостаточно для формирования радиосигналов специальной (нестандартной) формы [3].

В работе ставится задача создания автоматизированной системы анализа спектрально-временных характеристик выходного радиосигнала квадратурного формирователя при изменении параметров модулирующих сигналов.

**Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2013. Для реализации системы была использована модульная платформа NI PXIe 1085 [4], модуль цифрового ввода-вывода данных NI PXIe-6537 и соединительная плата (клеммная колодка) NI CB-2162.

**Описание решения**

Структурная схема предлагаемой автоматизированной системы анализа приведена на рис. 1. Основой исследуемого квадратурного формирователя является аналоговый квадратурный модулятор. Входными сигналами модулятора являются: высокочастотное несущее колебание *LO* и квадратурные *I* и *Q* модулирующие видеосигналы, как правило, дифференциальные.

Для формирования несущего колебания используется векторный генератор, параметры и режимы которого остаются неизменными на время проведения анализа, либо могут задаваться и изменяться в процессе работы с помощью специализированного программного обеспечения (ПО).

Формирование модулирующих сигналов в системе реализовано следующим образом. Исходные отсчеты комплексного модулирующего сигнала с требуемыми параметрами формируются с помощью программы Matlab и записываются в DAT-файл. С помощью программы, разработанной в среде LabVIEW, эти отсчеты считываются, преобразовываются и выводятся для отображения на монитор и, одновременно, циклически – на модуль цифрового ввода-вывода данных NI PXIe-6537. Таким образом, на выводах порта Digital Data & Control поочередно, с заданной скоростью передачи (тактовой частотой) появляются двоичные коды, соответствующие синфазной *I* и квадратурной *Q* составляющим модулирующего сигнала, а также сигнал синхронизации *Sync*, который обеспечивает последующее разделение квадратурных потоков. Очевидно, что число задействованных каналов модуля зависит от разрядности используемых цифроаналоговых преобразователей (ЦАП).

Сформированный цифровой поток с помощью соединительной платы NI CB-2162 разделяется на два. Затем они поступают на микросхемы ЦАП (либо квадратурный ЦАП), на выходах которых формируются дискретные сигналы *I'* и *Q'*. Частота дискретизации модулирующих сигналов для двухканального ЦАП равна половине тактовой частоты, задаваемой программно для модуля NI PXIe-

6537. Для повышения частоты дискретизации могут быть использованы ЦАП со встроенными интерполирующими фильтрами.

На выходе ЦАП включены дифференциальные ФНЧ для выделения основной полосы частот квадратурных модулирующих сигналов. Выходные дифференциальные сигналы *I* и *Q* фильтров поступают на модулирующие входы квадратурного модулятора. Высокочастотный модулированный сигнал *RF* подается на цифровой осциллограф или анализатор спектра.

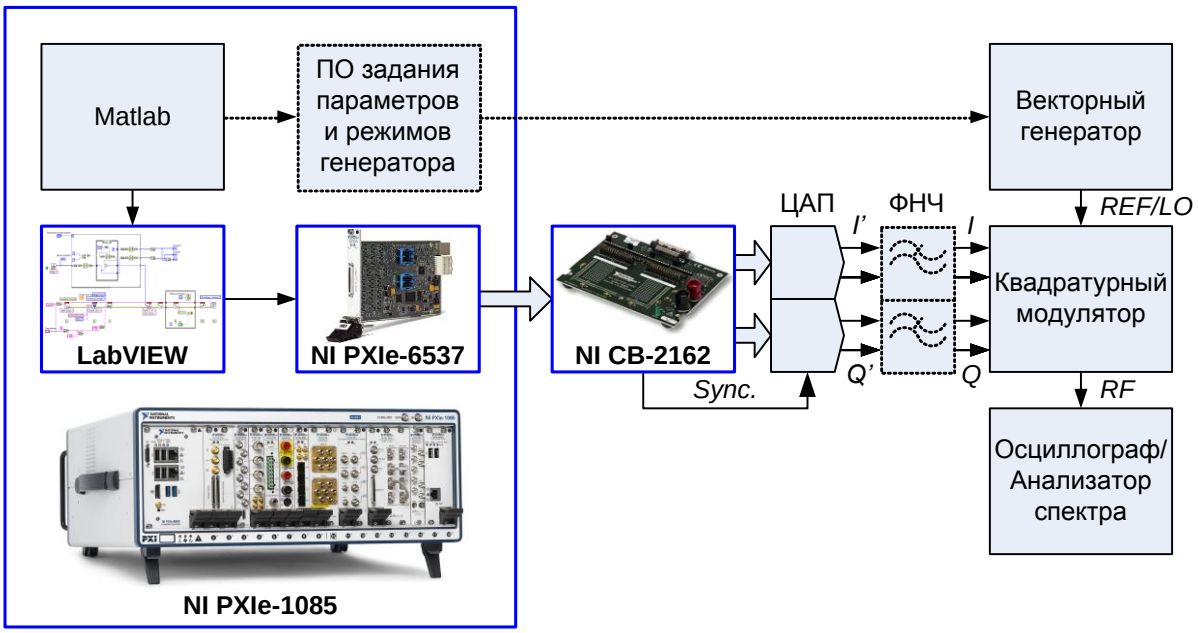
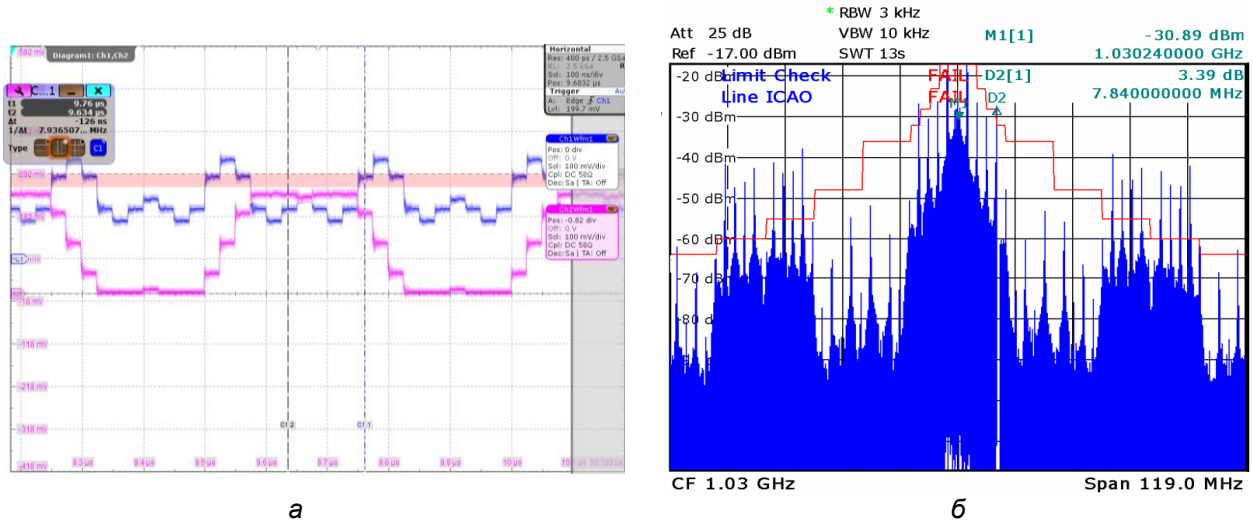



Рис. 1. Структурная схема системы

Рассмотренная система позволяет, в частности, выполнять анализ спектрально-временных характеристик выходного сигнала квадратурного формирователя. В качестве примера на рис. 2 представлены результаты исследования формирователя, полученные при синтезе квадратурных модулирующих видеосигналов с частотой дискретизации 40 МГц с помощью цифрового модуля NI PXIe-6537, при отсутствии низкочастотной фильтрации. На рис. 3 приведены аналогичные зависимости, полученные при наличии ФНЧ с частотой среза 15 МГц на выходе квадратурного ЦАП.

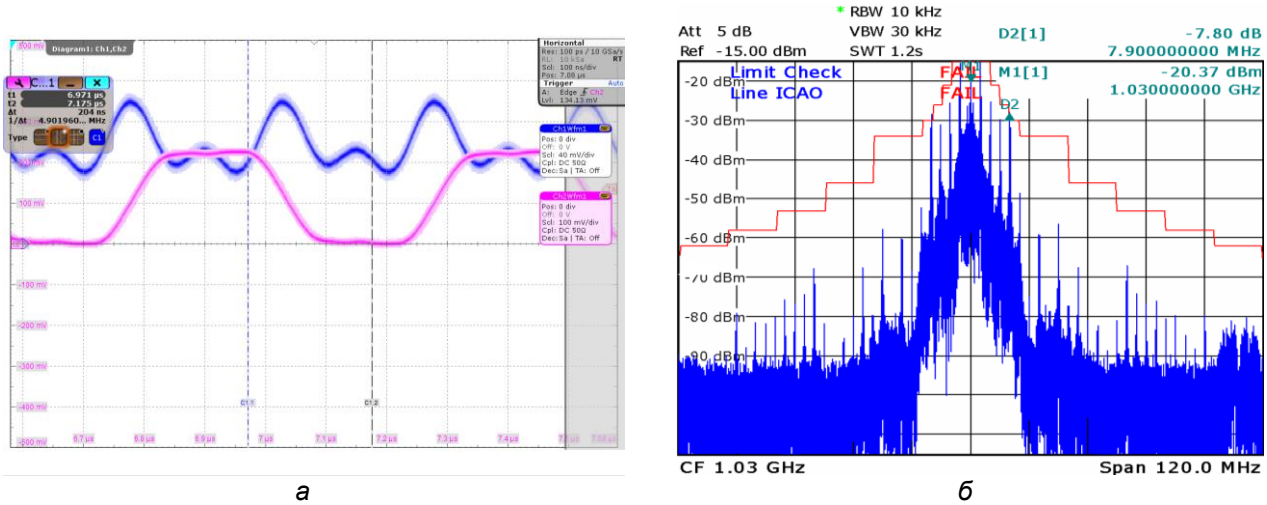



*а* *б*

Рис. 2. Временные характеристики сигналов *I*' и *Q*' (*а*) и спектр выходного сигнала *RF* квадратурного модулятора при отсутствии ФНЧ (*б*) и формировании квадратур с помощью модуля NI PCIe-6537

Таким образом, предлагаемая автоматизированная система дает возможность исследовать динамические характеристики квадратурных формирователей сигналов, в т.ч. определять требования к спектрально-временным характеристикам исходных цифровых квадратурных компонент, а также

параметрам используемых ЦАП (разрядность, тактовая частота, дифференциальная нелинейность, влияние встроенных интерполирующих фильтров и др.) и ФНЧ (частота среза, порядок фильтра, тип аппроксимации и др.). Система является модульной, а в части синтеза квадратурных сигналов обладает известной гибкостью, присущей программным средствам, что позволяет ускорить процесс анализа и изготовления таких формирователей.




*а* *б*

Рис. 3. Временные характеристики сигналов *I* и *Q* (*а*) и спектр выходного сигнала *RF* квадратурного модулятора при наличии ФНЧ (*б*) и формировании квадратур с помощью модуля NI PCIe-6537

**Внедрение и его перспективы**

Разработанная система внедрена и используется в качестве стенда для анализа динамических характеристик разрабатываемых квадратурных формирователей сигналов на АО «Муромский завод радиоизмерительных приборов».

**Список литературы**


[1]. Levanon N., Mozeson E. Radar Signals. – John Wiley & Sons, Inc., 2004. 427 pp.

[2]. Romashov V.V., Khramov K.K. Narrowing the Bandwidth of Phase-Coded Pulses by Their Modifying in Radar Transmitter // Proceedings of the 2011 IEEE International Siberian Conference on Control and Communications (SIBCON). – Krasnoyarsk: Siberian Federal University. Russia, Krasnoyarsk, September 15-16 2011, pp. 176-179. – IEEE Catalog Number: CFP11794-CDR

[3]. Храмов К.К., Ивушкин М.Ю. Формирование квадратурных модулирующих сигналов специальной формы // Наука и образование в развитии промышленной, социальной и экономической сфер регионов России. VIII Всероссийские научные Зворыкинские чтения: сб. тез. докл. Всероссийской межвузовской научной конференции. Муром, 5 февр. 2016 г. – Муром: Изд.-полиграфический центр МИ ВлГУ, 2016.– 478 с.: ил. – [Электронный ресурс]: 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). – С.74.

[4]. PXI Platform [Электронный ресурс]: сайт компании National Instruments Corp., 2016. Режим доступа: http://www.ni.com/pxi/


**AUTOMATED SYSTEM OF ANALYSIS OF DYNAMIC CHARACTERISTICS OF THE QUADRATURE SIGNAL SHAPERS**


K.K. Khramov[1], I.D. Groshkov[2]

*1. Murom Institute (branch) of Vladimir State University, Murom, Russia*

*2. JSC "Murom Plant of Radio Measuring Devices", Murom, Russia*



*The paper considers the process of development of automated system of analysis of the dynamic characteristics of the quadrature signal generator, which is based on the National Instruments' PXI platform. The structural diagram of the system is considered. Its purpose, scope and mode of operation are described. Some results of its operation are given.*



*Ключевые слова: PXIe-1085, PXIe-6537, quadrature signals, quadrature modulator, waveshaping.*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РАДИОПРИЕМНОГО ТРАКТА

И.А. Лисин, О.В. Григораш

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, Казань, Россия*

*В статье рассматривается процесс создания автоматизированной системы измерения чувствительности радиоприемного тракта при проведении испытаний на основе применения оборудования «PXI» фирмы National Instruments. Приведена развернутая схема системы измерения, указаны ее основные блоки. Описан процесс измерения, рабочий интерфейс созданной системы.*

*Ключевые слова: PXIe-1085, PXIe-8135, PXIe-5673, PXIe-5186, чувствительность радиоприемного тракта.*

## 1. Постановка задачи

Чувствительность является одним из важнейших параметров приемного устройства, это величина, которая характеризует способность радиоприемника успешно принимать слабые сигналы [1], т.е это наименьшая величина полезного сигнала в приемной антенне, способная обеспечить нормальную работу оконечного прибора.

Работа посвящена созданию автоматизированной системы измерения чувствительности радиоприемного тракта при проведении измерений на основе применения оборудования «PXI» фирмы National Instruments. Чувствительность радиоприемного устройства предполагается измерять статистическим методом [2]. В этой работе входными данными для измерительной системы является количество видеоимпульсов на выходе приемника. Преимущество такого метода заключается в небольшой сложности математических расчетов, а недостаток - в необходимости большого количества входных данных, и чем их больше, тем достовернее результат измерения.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2015. Для реализации системы была использована платформа NI PXI с контроллером NI PXIe-8135, Шасси NI PXIe-1085, Векторный генератор NI PXIe-5673, Цифровой осциллограф PXIe-5186 [3].

## 3. Описание решения

Функциональная схема измерения чувствительности радиоприемного тракта приведена на рис.1.

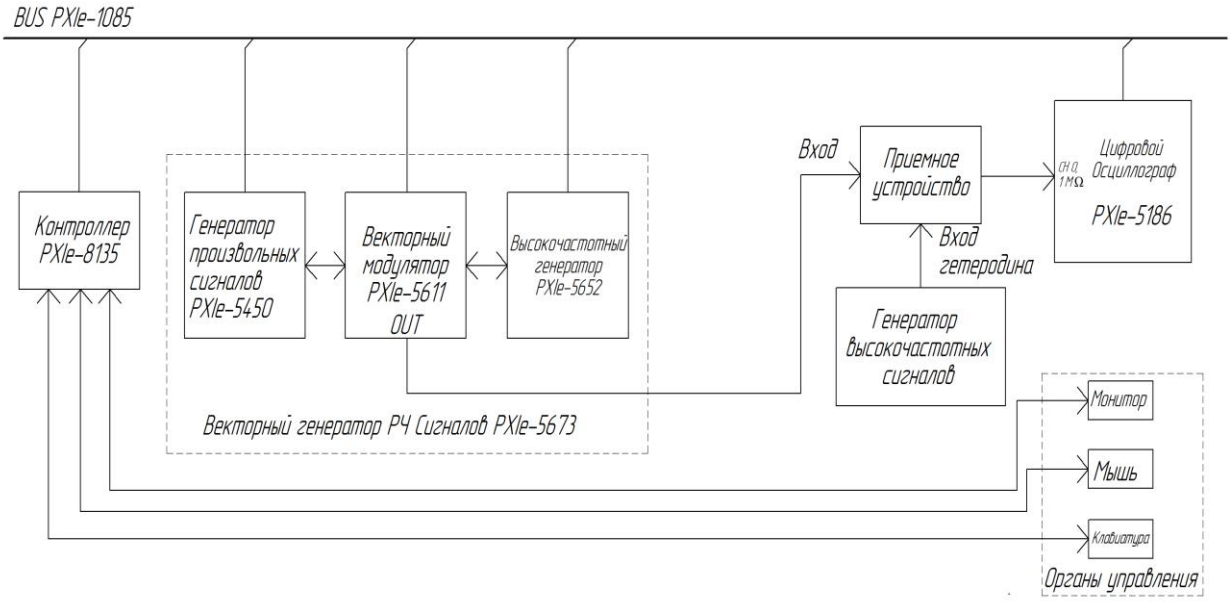



Рис. 1. Функциональная схема системы измерения чувствительности радиоприемного тракта.

На вход приемника поочередно поступает пачка из тысячи высокочастотных импульсов с заданной частотой заполнения, длительностью, периодом следования и установленным уровнем сигнала. ВЧ импульсы сформированы с помощью векторного генератора сигналов PXIe-5673. ВЧ импульсы, попав на вход радиоприемного устройства усиливаются, фильтруются, детектируются и далее поступают на выход устройства, с которого полученные видеоимпульсы поступают на вход цифрового осциллографа PXIe-5186, где сигнал принимается, обрабатывается, и происходит подсчет видеоимпульсов с выхода приемника и вычисляется вероятность прохождения. Порогом чувствительности является то значение мощности сигнала, поданного на вход радиоприемного устройства, при котором вероятность прохождения сигнала на выход радиоприемника равна требуемой. Программная часть автоматизированной системы сделана в инструментальной среде программирования NI LabVIEW 2015.

Алгоритм работы системы следующий:

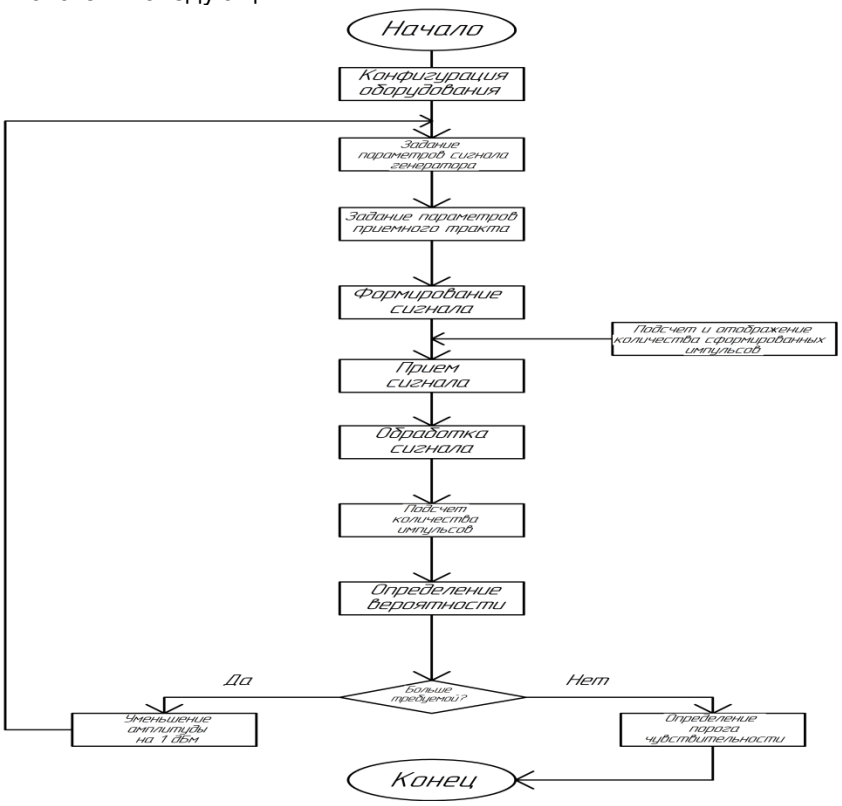



Рис. 2. Алгоритм работы автоматизированной системы измерения чувствительности радиоприемного тракта.

Далее приведена экспериментальная часть измерения чувствительности радиоприемного тракта, на вход радиоприемного устройства поступает ВЧ сигнал, уровень которого равен минус 60 дБм.

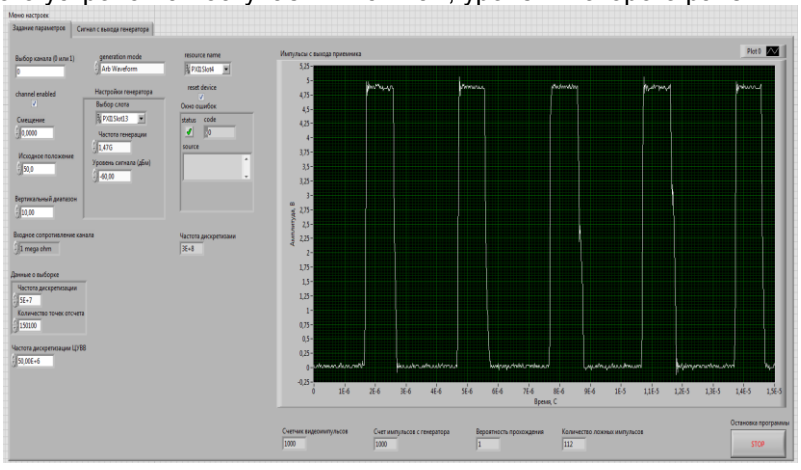


Рис. 3. Проверка чувствительности при подаче на вход радиоприемника сигнала уровнем минус 60 дБм.

По окончании работы система выдает графическую зависимость вероятности прохождения сигнала от уровня мощности сигнала, поданного на вход радиоприемного устройства.

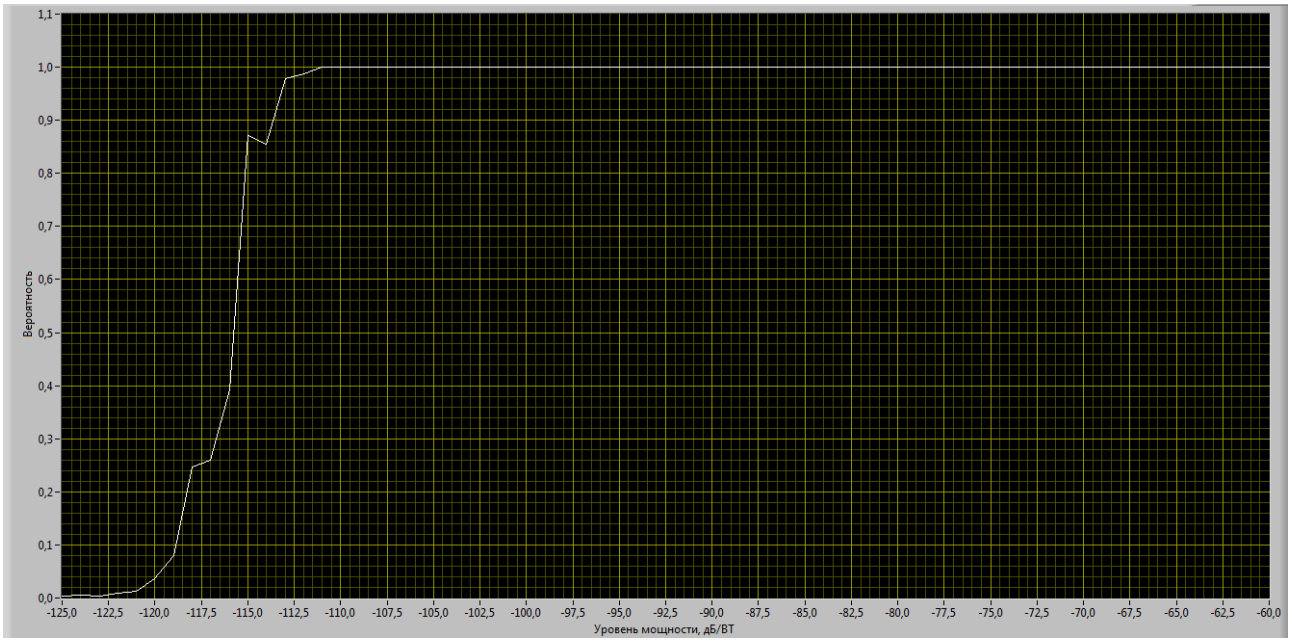



Рис. 4 Зависимость вероятности прохождения сигнала на выход радиоприемного устройства от уровня мощности сигнала, поданного на вход радиоприемника.

Созданная автоматизированная система может успешно заменить существующую систему на базе настольных приборов, что позволит существенно ускорить процесс проведения измерения параметров и повысить качество результата измерений. С помощью данной системы можно измерять и другие параметры радиоприемного тракта: избирательность, динамический диапазон, и другие.

## 4. Внедрение и его перспективы

Предложенная система измерения планируется к внедрению в производственный процесс.

## 5. Список литературы


[1]. Левичев В.Г. Радиопередающие и радиоприемные устройства //Военное издательство министерства обороны СССР, город Москва, 1974.

[2]. ГОСТ Р 50779.11-2000. Статистические методы. Статистическое управление качеством. Термины и определения // дата введения : 1 июля 2001 года.

[3]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments


## AUTOMATED SYSTEM FOR MEASURING THE SENSITIVITY OF THE RECEIVING TRACT


I.A. Lisin, O.V. Grigorash

*Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI, Kazan, Russia*



*The article discusses the process of creating the automated system of measurement of the sensitivity of the receiving tract when tested on the basis of application of equipment "PXI" firm National Instruments. Article gives a scheme of the measurement system, explains its main components. Described the testing process, the operational interface of the created system.*



*Keywords: PXIe-1085, PXIe-8135, PXIe-5673, PXIe-5186, the sensitivity of the receiving tract.*

# АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СБОЕВ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СБИС

А.Ю.Егоров, И.О.Лоскутов, П.В.Некрасов

*АО «ЭНПО СПЭЛС»/ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, г. Москва,*

*В статье рассматривается процесс создания аппаратно-программного комплекса для детектирования функциональных сбоев в микропроцессорных СБИС. Описан процесс детектирования функциональных сбоев в тестируемой микросхеме, показана лицевая панель виртуального прибора, приведены результаты тестирования с помощью аппаратно-программного комплекса.*

*Ключевые слова: PXI-1073, PXI-7841R, LabVIEW, функциональный сбой, микропроцессорная СБИС.*

## 1. Постановка задачи.

Одним из наименее изученных одиночных эффектов, возникающих в сверх больших интегральных схемах (СБИС) является функциональный сбой (ФС). Данный эффект приводит к потере или искажению служебной информации в регистрах конфигурации или управления, сбоям в памяти команд, нарушению работы программного счётчика, что приводит к временному нарушению работоспособности интегральной схемы (ИС). Парирование эффекта заключается в перезапуске или реинициализации микросхемы. Данный эффект в значительной мере влияет на работоспособность электронной компонентной базы (ЭКБ) высокой степени интеграции (например, микропроцессоров) применяемой в авионике. Поэтому важной задачей является разработка методов детектирования ФС в микропроцессорных СБИС, предназначенных для комплектации аппаратуры гражданской авиации. ФС в микропроцессорных СБИС может проявляться разным образом [1], поэтому необходимо проведение процедуры определения механизмов проявления эффектов ФС и идентификации их на фоне других эффектов.

В данной работе рассматривается реализация алгоритмов аппаратно-программного комплекса (АПК) на основе применения оборудования PXI фирмы National Instruments, предназначенного для детектирования эффектов ФС в микропроцессорных СБИС.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение.

Для реализации аппаратно-программного комплекса использовались шасси PXIe-1073, плата источника питания PXI-4110 и плата PXI-7841R реконфигурируемого сбора данных на основе FPGA. Пользовательское ПО, разработанное в среде LabVIEW 2010 с использованием модуля LabVIEW FPGA.

## 3. Описание решения.

В качестве тестируемой микросхемы использовались образцы микроконтроллера DSPIC33FJ[2] фирмы Microchip. Исследуемая микросхема размещается на плате оснастки, к плате подключены каналы питания от источников PXI-4110 и информационные линии платы PXI-7841R, по которым осуществляется обмен данными и управление устройством. Так как на проявление эффекта ФС сильное влияние оказывают такие факторы, как объём программного кода, количество задействованных функциональных блоков, в процессе тестирования функционировали все основные цифровые блоки микроконтроллера: ОЗУ, FLASH, SPI, USART, I2C, АЛУ, контроллер прерываний, таймеры-счетчики.

В составе АПК используется универсальный модуль управления питанием [4]. Модуль управляет источниками питания PXI-4110. Ток потребления контролируется в режиме реального времени и выводится на экран с периодом 10 мс. Кроме контроля питания модуль способен проводить включение и выключение питания, управление уровнями напряжений и токов. Все проводимые измерения записываются в лог-файл.

При возникновении функционального прерывания микросхема может входить в режим зависания или самопроизвольного перезапуска, реализован виртуальный прибор обработки этих событий. Для осуществления контроля зависаний в состав АПК был введен блок контроллера зависаний. Работа блока основана на контроле состояния периодически изменяющегося сигнала. Виртуальный прибор, являющийся составной частью блока контроллера зависаний, проводит контроль изменения выбранного сигнала, период изменения которого составляет не более 300мс. При изменении сигнала прибор выставляет флаг изменения. Основная часть контроллера зависаний считывает состояние флага. В случае отсутствия изменений сигнала в течение трёх секунд блок контроллера фиксирует зависание, выставляет флаг наличия зависания в текущем цикле и инкрементирует счетчик общего

количества зависаний. Затем блок приступает к парированию зависания – автоматически подаётся сигнал внешнего сброса. После подачи сигнала сброса происходит ожидание изменения выбранного сигнала в течение 500мс. Если за время ожидания изменений сигнала не произошло, процедура парирования повторяется.

Для подсчета количества самопроизвольных перезапусков тестируемой микросхемы, используется отдельная линия микроконтроллера, в случае перезапуска выставляется флаг наличия перезапуска и инкрементируется общее количество перезапусков.

Для детектирования ФС на фоне изменения тока потребления [1] в универсальный модуль управления питанием был внесён блок генератора события ФС по броску питания. Задачей блока является парирование бросков тока сигналом внешнего сброса [3]. Если парирование проходит успешно (потребление по току возвращается в пределы нормы, функционирование микросхемы возобновляется), событие воспринимается как ФС. Если парирование не приводит к нормализации токопотребления и восстановлению работоспособности микросхемы, событие парируется кратковременным отключением каналов питания.

Для осуществления информационного обмена между испытуемой платой и системой NI в составе АПК использовался универсальный блок приёмника UART. Приёмник рассчитан на длину посылки 8 бит, скорость передачи 115200 бод. После приема посылки от исследуемого микроконтроллера, данные проходят через блок синхронизации обмена микроконтроллера с АПК. После этого посылка помещается в массив принятых данных и поступает на вход блока анализатора выходной информации. На первом этапе анализатор проверяет формат посылки. В случае корректности данные отправляются в массив ошибок соответствующего блока микроконтроллера.

Для детектирования ФС, проявляющихся в виде сбоев посылок передачи от микросхемы к АПК был реализован алгоритм циклического тестирования основных блоков микроконтроллера. Блок контроля сбоя посылки считывает количество ошибок, принимаемое за цикл, и сравнивает полученное значение с максимально возможным количеством ошибок от этого блока в одном цикле. При превышении допустимого лимита ошибок выставляется флаг ошибочной посылки и инкрементируется счётчик общего количества ФС.

Внешний вид лицевой панели виртуального прибора приведён на рис.1.

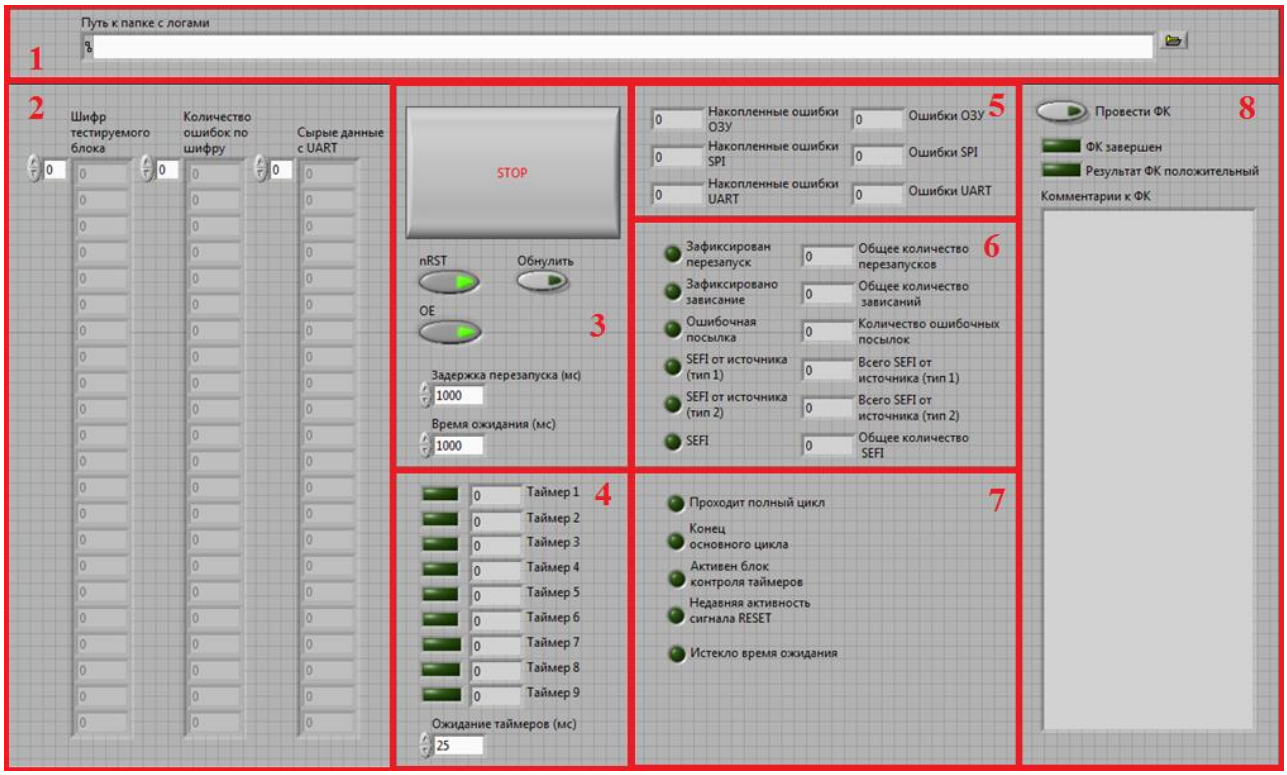



Рис.1. Внешний вид лицевой панели виртуального прибора. (1 - файловый блок; 2 – блок приёмника данных; 3 – блок управления; 4 – блок таймеров; 5 – блок контроля ошибок; 6 – блок контроля ФС; 7 – вспомогательный информационный блок; 8 – блок функционального контроля)

**4. Внедрение и перспективы.**

Аппаратно-программный комплекс успешно внедрен в АО «ЭНПО СПЭЛС» и апробирован на трёх образцах микроконтроллера DSPIC33FJ. В дальнейшем планируется проведения ряда работ по универсализации АПК. Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 14-29-09131.

**5. Список литературы.**

[1]. Nekrasov P.V., Bobrovskiy D.V., Karakozov A.B., Marfin V.A. Investigation of single event functional interrupt in microcontroller with PIC17 architecture. RADECS 2015. 2015. p.139-142.

[2]. http://www.microchip.com/wwwproducts/Devices.aspx?dDocName=en541867 – техническая документация на микросхему DSPIC33FJ

[3]. Dixit, A. Wood. The Impact of New Technology on Soft Error Rates. 2011 IEEE International Reliability Physics Symposium 2011. p. 486-495.

[4]. I. O.Loskutov, A. B. Karakozov, P.V. Nekrasov, and A.Y. Nikiforov, “Automated radiation test setup for functional and parametrical control of 8-bit microcontrollers,” in Proc.2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 Omsk; Russian Federation; May 21 -23, 2015, article number 7147128.

**AUTOMATED TEST SETUP FOR DETECTING OF SEFI IN MICROPROCESSOR VLSI**

A.Y. Egorov[1,2], I.O.Loskutov[1,2], P.V.Nekrasov[1,2]

*1. Specialized Electronic Systems (SPELS), Moscow, Russia*
*2. National Research Nuclear University (NRNU) MEPhi, Moscow, Russia*

*The developed automated test setup for detecting of SEFI in microprocessor VLSI is present. Hardware-software system is based on National Instruments PXI instrumentation PXI -7841R, PXI -4110, PXI-4071 and LabVIEW software. Test circuit and methods as well as the user software structure and typical test results are presented.*

*Keywords: PXI-1073, PXI-7841R, LabVIEW, SEFI, .VLSI*

# ВИРТУАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С КОРРЕКЦИЕЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ СОВОКУПНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ УЗЛОВЫХ АДМИТАНСОВ

А.В. Князьков, С.К. Куроедов, А.В. Светлов

*Пензенский государственный университет, г. Пенза*

*Рассмотрен алгоритм диагностики электрических цепей с предварительной оценкой и коррекцией погрешностей совокупных измерений узловых адмитансов. Приводятся результаты реализации данного алгоритма с помощью технологии виртуальных приборов.*

*Ключевые слова: виртуальный прибор, диагностика, узловой адмитанс, узловой импеданс, электрическая цепь.*

**Постановка задачи**

Узловые адмитансы электрической цепи являются характеристиками связей ее узлов, которые определяют такие функции цепи как входные и выходные импедансы, коэффициенты передачи напряжений, токов и мощности, передаточные адмитансы и импедансы. Значения собственных и взаимных адмитансов узлов могут быть использованы для функционального и внутрисхемного контроля, локализации обрывов, коротких замыканий и других видов отказов цепей силовой электроники, радиоэлектронного и электротехнического оборудования.

Экспериментальное определение узловых адмитансов возможно с помощью метода узловых импедансов [1,2], который, в отличие от метода узловых адмитансов [3], может быть использован для диагностики цепей с активными и нелинейными компонентами, а также цепей оборудования в режиме его нормальной эксплуатации. Недостаток данного метода заключается в том, при плохой обусловленности обращаемой матрицы $\mathbf{Z}$ узловых импедансов решение задачи совокупных измерений узловых адмитансов становится неустойчивым.

**Используемое оборудование и программное обеспечение**

Виртуальные приборы для диагностики электрических цепей методом узловых импедансов разрабатывались в среде графического программирования LabVIEW 10.0. Для сбора данных об узловых напряжениях, управления коммутаторами, измерительными преобразователями «напряжение-ток» и «напряжение-напряжение» собственной разработки использовались цифровые осциллографы NI PCI-5124, NI PCI-5122 и многофункциональные устройства сбора данных NI PCI-6251.

**Описание решения**

В [4] предложен алгоритм регуляризации решения задачи совокупных измерений узловых адмитансов путем преобразования матрицы $\mathbf{Y} = \mathbf{Z}^{-1}$ узловых адмитансов к виду матрицы с доминирующей главной диагональю. На физическом уровне это преобразование эквивалентно включению опорных двухполюсников между узлами диагностируемой цепи и ее базисным узлом. Для минимизации числа опорных двухполюсников и, следовательно, числа дополнительных зондов для их подключения можно использовать результаты экспериментального поиска узлов, увеличение составляющих собственных иммитансов которых обеспечивает максимальное снижение числа обусловленности матриц $\mathbf{Z}$ и $\mathbf{Y}$.

Такой же результат, но без усложнения диагностического эксперимента, можно получить с помощью математической модели, описывающей изменение элементов матрицы $\mathbf{Z}$ и числа ее обусловленности при приращении $Y_k$ элемента $Y_{kk}$ главной диагонали априорно неизвестной матрицы $\mathbf{Y}$:

$$\Delta\mathbf{Z}_k = -\frac{Y_k}{1+Y_k Z_{kk}}\mathbf{Z}\mathbf{e}_k\mathbf{e}_k^T\mathbf{Z}, \qquad (1)$$

где $\Delta\mathbf{Z}_k$ - матрица приращений узловых импедансов, вызванных подключением опорного двухполюсника с адмитансом $Y_k$ к узлу $k$, $Z_{kk}$ - собственный импеданс $k$-го узла цепи, $\mathbf{e}_k$ - вектор-столбец, все элементы которого, за исключением $k$-го, равны нулю, а $k$-й равен единице.

Схема алгоритма последовательного поиска узлов для подключения опорных двухполюсников по критерию минимума числа обусловленности $c_k^{(n)} = \mathrm{cond}\left(\mathbf{Z}^{(n)} + \Delta\mathbf{Z}_k^{(n)}\right)$, где $\mathbf{Z}^{(n)}$ и $\Delta\mathbf{Z}_k^{(n)}$ - матрицы узловых импедансов и их приращений на $n$-м шаге процесса, показана на рис. 1. После выбора узла $k^{(n)}$ на каждом шаге проверяется выполнение условия $c_{k^{(n)}}^{(n)} \le c_m$ завершения поиска, где $c_m$ - максимально возможное значение числа обусловленности, определяемое допустимым соотношением погрешностей измерения узловых импедансов и адмитансов. Значение $Y_k$ на каждом шаге более полного варианта данного алгоритма также может быть оптимизировано по аналогичному критерию с учетом ограничений на токи и напряжения на элементах диагностируемой цепи.

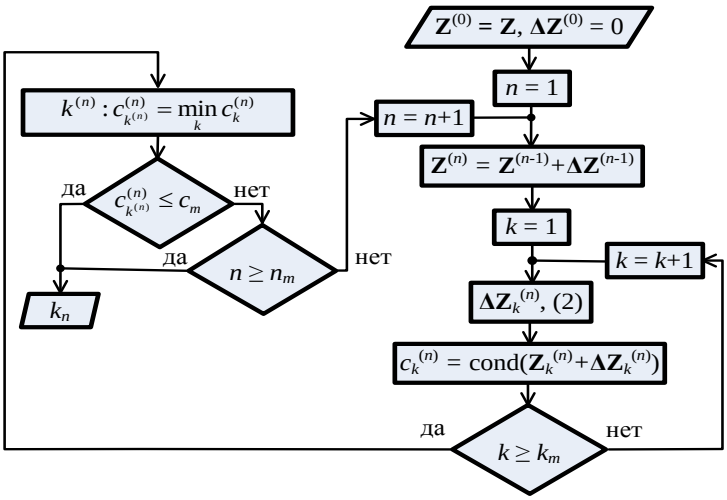



Рис. 1. Схема алгоритма выбора узлов диагностируемой цепи для подключения опорных двухполюсников.

Эффективность рассмотренного алгоритма подтверждается на примере *LC*-цепи в виде двойного *T*-образного моста, граф которой показан на рис. 2. Результаты регуляризации решения задачи определения узловых адмитансов данной цепи с помощь разработанного авторами виртуального прибора иллюстрируются приведенными на рис. 3 графиками, которые показывают оптимальный порядок подключения опорных двухполюсников к узлам цепи и соответствующее снижение числа обусловленности преобразованной матрицы $\mathbf{Z}$.

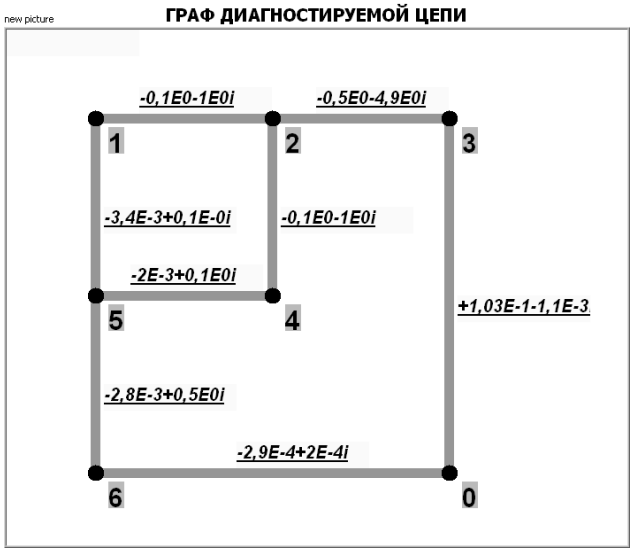



Рис. 2. Граф диагностируемой цепи с указанием адмитансов ветвей, нормированных по проводимости и по частоте

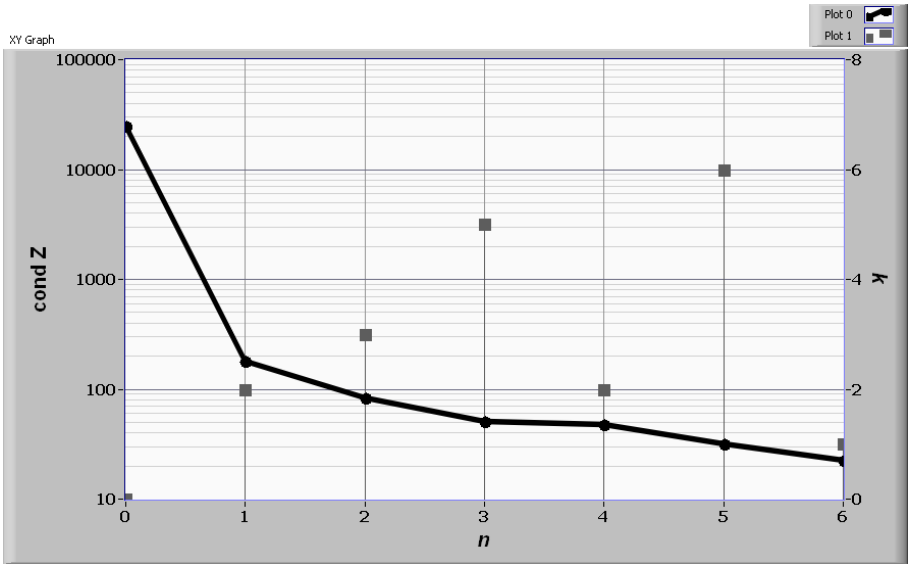



Рис. 3. Графики зависимостей номера *k* узла цепи и числа обусловленности cond **Z** преобразованной матрицы **Z** импедансов от номера *n* шага процесса поиска узлов для подключения опорных двухполюсников.

**Внедрение и его перспективы**

Разработанные авторами виртуальные приборы для диагностики электрических цепей методом узловых импедансов планируется использовать в лабораторном практикуме по дисциплине «Техническая диагностика радиоэлектронных средств», а также в научно-исследовательских проектах кафедры «Радиотехника и радиоэлектронные системы» Пензенского Государственного Университета.

**Список литературы**

[1]. Демирчан К.С., Нейман Л.Р., Коровкин Н.В., Чечурин В.Л. Теоретические основы электротехники. Том 2. СПб.: Питер, 2003. – 576 с.

[2]. Куроедов С.К., Светлов А.В. Использование технологии виртуальных приборов для решения задач диагностики электрических цепей методом узловых импедансов. // Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments - 2014: Сборник трудов XIII Международной науч.-практ. конф. NIDays-2014: Москва, 19-20 ноября 2014 г. - М.: ДМК Пресс, 2014. - С. 12–14.

[3]. Куроедов С.К., Светлов А.В. Алгоритмы диагностики электрических цепей методами узловых адмитансов и импедансов. // Надежность и качество – 2014: Труды Международного симпозиума: в 2-х т. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2014. – Том 2. – С. 52 – 57.

[4]. Куроедов С.К., Светлов А.В. Инструментальная регуляризация решения задачи диагностики электрических цепей методом узловых импедансов. // Надежность и качество – 2016: Труды Международного симпозиума: в 2-х т. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2016. – Том 2. – С. 50 – 54.

**VIRTUAL DIAGNOSTICS OF ELECTRICAL CIRCUITS WITH THE CORRECTION OF ERRORS IN INDIRECT MEASUREMENT OF NODAL ADMITTANCES**

A.V. Knyazkov, S.K. Kuroedov, A.V. Svetlov

*Penza state university. Russia, Penza,*

*An algorithm for the diagnostics of electrical circuits with pre-assessment and correction of errors in total measurement of nodal admittances. The results of the implementation of this algorithm using virtual instrumentation technology.*

*Keywords: virtual instrument, diagnostics, nodal admittance, nodal impedance, the electrical circuit.*

# ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР

Д.С. Кусакин, А.В. Ермачихин, В.Г. Литвинов

Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань

*Описан измерительный комплекс для локального исследования электрофизических свойств полупроводниковых структур. Показана возможность проведения локальных измерений вольт-фарадных характеристик.*

*Ключевые слова: вольт-фарадная характеристика, точечно-барьерный контакт, атомно-силовая микроскопия.*

**Постановка задачи**

Одним из перспективных направлений при развитии методик исследования электрофизических свойств полупроводниковых структур является объединение существующих электрофизических методов и адаптация их к использованию совместно с техникой зондовой микроскопии, что позволит локализовать области исследования до 10 нм, связанное с использованием проводящих зондов атомно-силового микроскопа (АСМ) [1].

**Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2013 с применением платы сбора данных NI PCI-6251 и терминального блока BNC-2120, АСМ Интегра (НТ-МДТ).

**Описание решения**

Для создания электрического контакта в области исследования используется проводящий зонд атомно-силового микроскопа. Зонды АСМ имеют радиус закругления обычно порядка 5…50 нм. Использование атомно-силового микроскопа позволяет обеспечить локальность измерений электрофизических характеристик исследуемого образца с точностью не менее размеров острия зонда АСМ, равных диаметру закругления, т.е. до 10 нм. Кроме этого АСМ микроскоп используется для поиска места формирования контакта к поверхности образца, последующего построения карты распределения локально определяемых электрических параметров вдоль поверхности, к которой осуществляется контакт [1]. Высокое разрешение вдоль плоскости сканирования обеспечивается высоким латеральным разрешением при перемещении зонда в плоскости поверхности (XY) образца в атомно-силовом микроскопе.

Атомно-силовой микроскоп используется для поиска исследуемого нанообъекта при сканировании и подвода зонда в нужную точку. Кроме того, в АСМ возможно подключение дополнительных измерительных приборов непосредственно к зонду (генератора, осциллографа, высокочувствительного усилителя, RLC-метра и т.д.), что делает возможным исследование изменения емкости, заряда, протекающего постоянного, переменного, релаксационного электрического тока через систему зонд-образец от времени при импульсном воздействии напряжением [1].

Для проведения эксперимента на базе зондовой системы атомно-силового микроскопа был собран измерительный комплекс (рис. 1). Измерительная ячейка представляет собой базовый блок зондового микроскопа со специально изготовленным измерительным столиком.

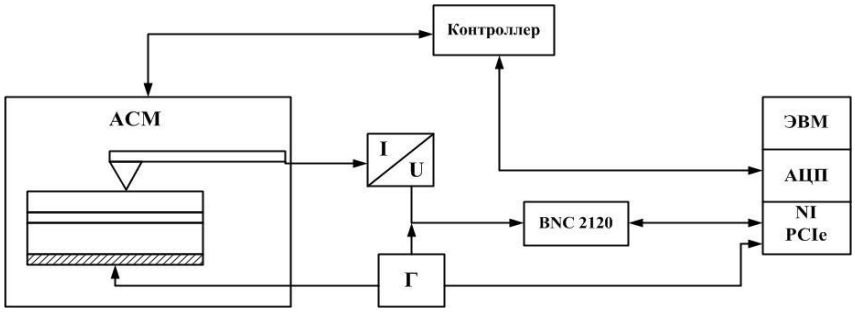



Рис. 1. Структурная схема измерительной установки.

С помощью контроллера осуществляется подвод/отвод проводящего зонда к образцу и сканирование поверхности образца. Управление сканированием осуществляется с помощью

специализированной программы, установленной на ЭВМ. ЭВМ подключена к контроллерам через плату ЦАП-АЦП.

Для минимизации паразитной электрической емкости соединений преобразователь ток-напряжение был изготовлен с использованием быстродействующего операционного усилителя LTC6244 с уровнем входного тока 1 пА и помещен непосредственно в корпус измерительного столика атомно-силового микроскопа [2].

С генератора импульсов подаются непосредственно на образец импульсы напряжения пилообразной формы [2] (рис. 2). Сигнал поступает на преобразователь ток-напряжение. Далее сигнал поступает через плату АЦП в ЭВМ, где обрабатывается. Результатом обработки является локальная вольт-фарадная характеристика точечного барьерного контакта металл-полупроводник, сформированного зондом АСМ. Для обработки и визуализации полученных результатов в среде программирования LabVIEW разработана программа, блок-диаграмма которой представлена на рис. 3.

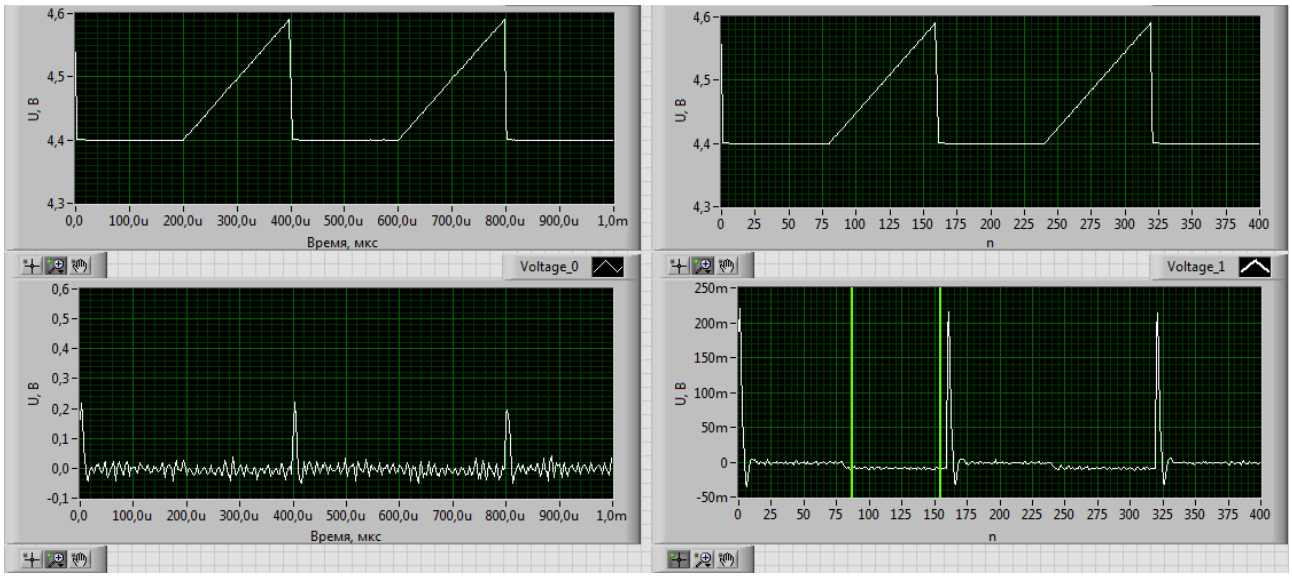



Рис. 2. Фрагмент лицевой панели программы.

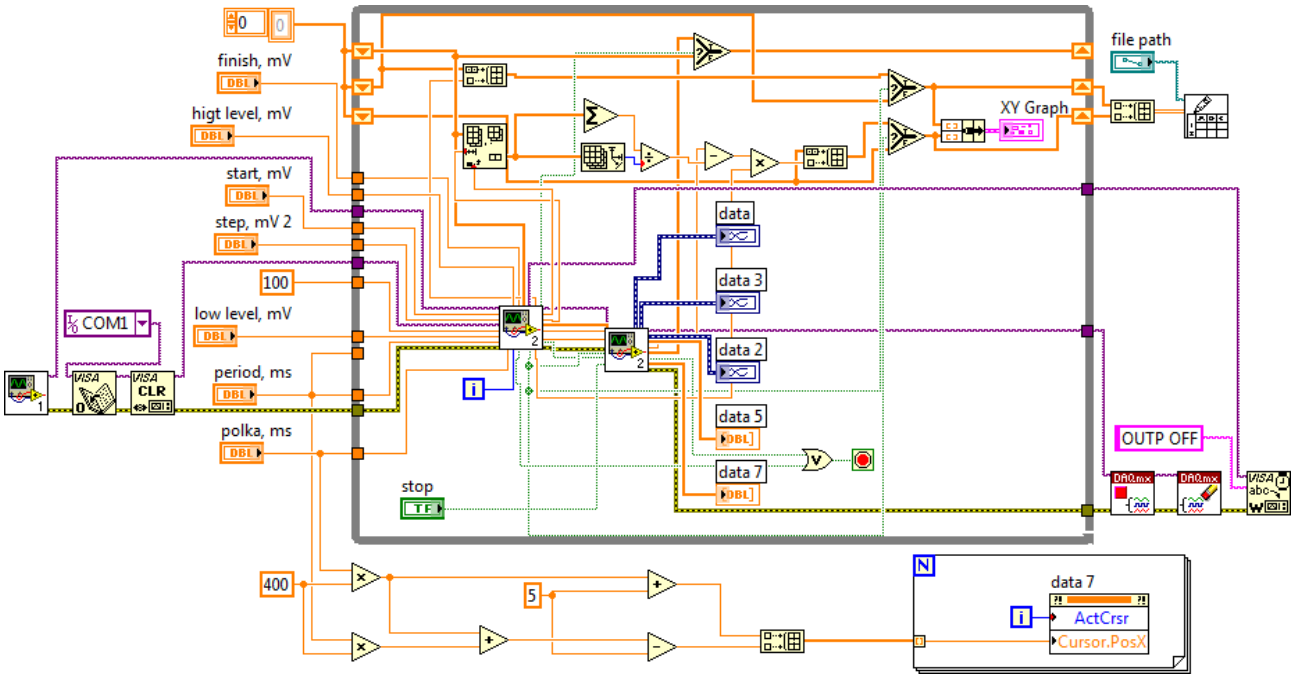



Рис. 3. Блок-диаграмма программы управления комплексом.

Для проведения исследований, формирования контакта к поверхности образца использовался цельнопроводящий платиновый зонд Rocky Mountain Nanotechnology 25Pt300A. Радиус закругления

зонда контролировался с помощью растрового электронного микроскопа JSM6610LV. Радиус закругления используемого зонда составил порядка 28 нм.

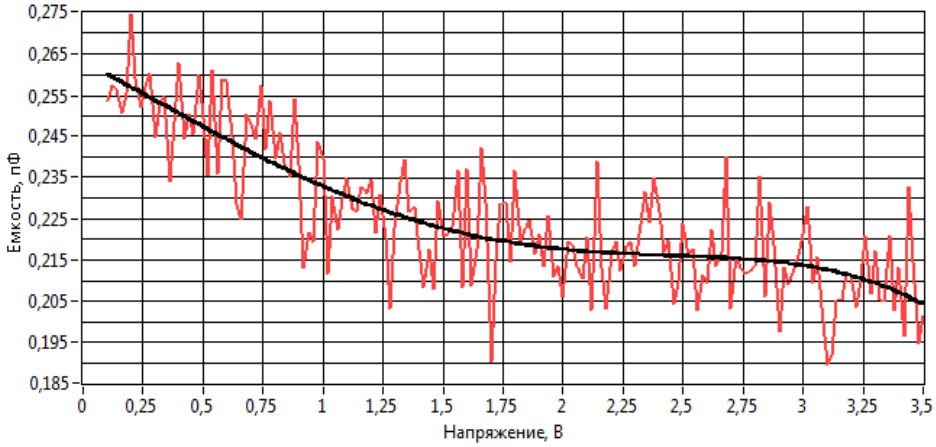



Рис. 4. Локальная вольт-фарадная характеристика тестовой структуры на основе n-GaAs.

На рис. 4 видно, что при однократном измерении емкости без усреднения характеристика получается зашумленной. При использовании математического аппарата сглаживания и при большом количестве усреднений (порядка 1000) выделялся полезный сигнал. Качественный вид характеристики при локальном измерении совпадает с измерениями на макроконтакте. Данные эксперимента подтверждают апробацию разработанного измерительно-аналитического комплекса.

**Внедрение и его перспективы**

Комплекс применяется для локальных электрофизических исследований материалов полупроводниковой электроники [3]. Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант 16-32-00342) с использованием оборудования Регионального центра зондовой микроскопии коллективного пользования (РЦЗМкп) при ФГБОУ ВО «РГРТУ» (ckp.rsreu.ru) в НОЦ неупорядоченных и наноструктурированных материалов и устройств на их основе (ННМУ).

**Список литературы**

[1]. Кусакин Д.С., Литвинов В.Г. Измерение электрической емкости точечного барьерного контакта металл-полупроводник // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2015. – №4 (54-2). – С. 132-136.

[2]. Кусакин Д.С., Литвинова В.С., Литвинов В.Г., Воробьев Ю.В., Рыбин Н.Б. Методика локального измерения электрической емкости фемтофарадного диапазона точечного барьерного контакта металл-полупроводник // Вестник Рязанского государственного радиотехнического университета. – 2014. – №4 (50-2). – С. 122-125.

[3]. Кусакин Д.С., Литвинов В.Г., Ермачихин А.В. Программа управления измерительным комплексом для локального исследования вольт-фарадных характеристик полупроводниковых материалов и структур / Свидетельство о государственной регистрации программы ЭВМ № 2016618137. Дата государственной регистрации в Реестре программ для ЭВМ 21 июля 2016 г.

**MEASURING SYSTEM FOR THE LOCAL INVESTIGATION OF ELECTROPHYSICAL PROPERTIES OF SEMICONDUCTOR STRUCTURES**

D.S. Kusakin, A.V. Ermachikhin, V.G. Litvinov

*Ryazan State Radioengineering University*, Ryazan, Russia

*A measuring system for the local investigation of electrical properties of semiconductor structures is presented. The possibility of carrying out of C-V measurements is showed.*

*Keywords: capacitance-voltage characteristics, point-barrier contact, atomic force microscopy.*

# ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ

А.В. Светлов, А.В. Князьков, А.С. Колдов, Н.В.Родионова,

*Пензенский государственный университет, кафедра "Радиотехника и радиоэлектронные системы", Региональный Центр технологий National Instruments, г. Пенза*

*В статье рассматривается структура измерительного стенда для исследования параметров пьезокерамических элементов, представляемых четырехэлементной эквивалентной электрической схемой. В среде LabVIEW разработано программное обеспечение стенда.*

*Ключевые слова: пьезокерамический элемент, эквивалентная электрическая схема, измерительный стенд, программное обеспечение, LabVIEW*

## 1. Постановка задачи

Пьезокерамические элементы (ПКЭ) находят широкое применение в устройствах сбора информации и преобразования сигналов. Возрастает потребность в средствах технологического контроля основных параметров ПКЭ при их производстве, а также средств измерений параметров ПКЭ в научных лабораториях.

Для анализа характеристик ПКЭ удобно использовать их представление четырехэлементной эквивалентной электрической схемой, представленная на рис. 1, где $C_1$, $L_1$, $R_1$ – динамические емкость, индуктивность и сопротивление; $C_2$ – параллельная емкость. Соотношения между этими параметрами и частотой $f_0$ последовательного резонанса, частотой $f_1$ параллельного резонанса (антирезонанса) и добротностью $Q$ приведены в [1].

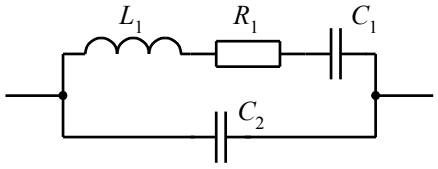



Рис. 1 – Четырехэлементная эквивалентная электрическая схема ПКЭ

Электрические параметры ПКЭ могут быть определены методом совокупных измерений с использованием нескольких тестовых сигналов и последующим решением системы уравнений, описывающих выходные сигналы измерительной схемы, в которую включается исследуемый ПКЭ. В данной работе используется предложенная в [2] методика совокупных измерений параметров ПКЭ с несколькими тестовыми синусоидальными сигналами, частоты которых соответствуют характерным точкам амплитудно-частотной характеристики (АЧХ) измерительной схемы.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программное обеспечение стенда создано в среде программирования NI LabVIEW 15. Измерения выполнялись с помощью цифровых осциллографов NI PCI-5124 и PCI-5122.

## 3. Описание решения

Разработан стенд для исследования ПКЭ, представляющий собой аппаратно-программный комплекс, гибкость и многофункциональность которого обеспечиваются использованием программно управляемой аппаратной части. Обмен данными между стендом и персональным компьютером осуществляется посредством USB-порта. Структурная схема аппаратной части стенда для исследования ПКЭ представлена на рис. 2.

Исследуемый ПКЭ включается во входной цепи измерительной схемы на основе быстродействующего операционного усилителя OPA656 [3], в цепи отрицательной обратной связи которого включен опорный конденсатор с емкостью $C_0$.

Для формирования синусоидальных тестовых сигналов различных частот используется программно-управляемый генератор прямого цифрового синтеза – DDS (Direct Digital Synthesis), выполненный на базе микросхемы AD9850 фирмы Analog Devices [4].

DDS генератор управляется микроконтроллером ATmega328, который загружает код частоты, используя последовательный интерфейс передачи данных.




Рис. 2. Структурная схема стенда для исследования параметров ПКЭ.

Огибающая выходного напряжения измерительной схемы выделяется амплитудным детектором AD8361, имеющим линейный характер детекторной характеристики и обладающим большим коэффициентом передачи в широкой полосе рабочих частот.

Выходной сигнал детектора оцифровывается с помощью микросхемы аналого-цифрового преобразователя (АЦП) ADS1115, в состав которой входят генератор тактовой частоты, источник опорного напряжения с малым дрейфом характеристик, а также усилитель с регулируемым коэффициентом усиления, позволяющий снижать входное напряжение до ±256 мВ и производить измерения с высокой точностью.

Аттенюатор, управляемый микроконтроллером, осуществляет автоматическое снижение амплитуды входного воздействия по мере приближения к резонансу ПКЭ, чтобы избежать превышения максимального допустимого значения входного напряжения ОУ измерительной схемы.

Методика измерений предполагает последовательное выполнение следующих действий:

1. На вход измерительной схемы с выхода программно управляемого DDS-генератора подается тестовое синусоидальное напряжение с амплитудой $U_0$ и частотой, изменяющейся в диапазоне ожидаемых значений частоты последовательного резонанса $f_0$, при которой выходное напряжение измерительной схемы принимает максимальное значение $U_{\text{макс}}$. В соответствии с разработанным авторами алгоритмом осуществляется поиск резонансной частоты с итерационным сужением диапазона поиска до тех пор, пока интервал между верхним и нижним значениями диапазона частот не станет меньше заданного разрешения по частоте, соответствующего пределу допускаемой

погрешности измерения частоты. Измеренное значение частоты последовательного резонанса обозначается как $f_{0\,\text{изм}}$.

2. Измеряется амплитуда выходного напряжения $U_{\text{макс изм}}$ на частоте $f_{0\,\text{изм}}$.

3. Рассчитывается значение напряжения $U' = 0{,}707\,U_{\text{макс изм}}$, соответствующее расстройке $2\Delta f$, используемой при вычислении добротности.

4. Осуществляется поиск и регистрация значений частот $f'$ и $f''$ ниже и выше резонансной, при которых амплитуда выходного напряжения составляет $0{,}707\,U_{\text{макс изм}}$.

5. По результатам измерений рассчитываются значения расстройки $2\Delta f = f'' - f'$ и добротности $Q_{\text{изм}} = f_{0\,\text{изм}} / 2\Delta f$.

6. Осуществляется поиск и регистрация частоты параллельного резонанса (антирезонанса) $f_{1\,\text{изм}}$, при которой выходное напряжение измерительной схемы принимает минимальное значение.

7. Составляется система четырех уравнений, связывающих искомые параметры ПКЭ $L_1$, $C_1$, $C_2$, $R_1$ с измеренными значениями $f_{0\,\text{изм}}$, $f_{1\,\text{изм}}$, $Q_{\text{изм}}$, $U_{\text{макс изм}}$:

$$\begin{cases} \dfrac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_1 C_1}} = f_{0\,\text{изм}}, \\ \dfrac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L_1 C_1}} \cdot \sqrt{1 + \dfrac{C_1}{C_2}} = f_{1\,\text{изм}}, \\ \dfrac{2 \cdot \pi \cdot L_1}{R_1} \cdot f_{0\,\text{изм}} = Q_{\text{изм}}, \\ \dfrac{U_0}{C_0} \cdot \sqrt{\dfrac{\left[C_1 + C_2 - L_1 C_1 C_2 \left(2\pi\, f_{0\,\text{изм}}\right)^2\right]^2 + \left(2\pi R_1 C_1 C_2\, f_{0\,\text{изм}}\right)^2}{\left[1 - L_1 C_1 \left(2\pi\, f_{0\,\text{изм}}\right)^2\right]^2 + \left(2\pi R_1 C_1\, f_{0\,\text{изм}}\right)^2}} = U_{\text{макс изм}}. \end{cases}$$

8. В результате решения системы уравнений определяются искомые электрические параметры ПКЭ.

Для ввода исходных данных и измеренных значений частот и напряжений, а также обработки результатов измерений и выдачи информации разработаны соответствующие виртуальные приборы и аппаратные решения.

**4. Внедрение и его перспективы**

Изготовлен действующий макет стенда. По результатам тестовых испытаний макета проводится оптимизация режимов работы его аппаратной части. Для управления стендом в среде LabVIEW разработаны виртуальные приборы, позволяющие проводить измерения параметров ПКЭ в автоматизированном режиме с высоким быстродействием.

**5. Список литературы**


[1]. Колдов А.С., Ломтев Е.А., Родионова Н.В., Светлов А.В., Цыпин Б.В. Совокупные измерения электрических параметров пьезокерамических элементов // Известия ВУЗов. Поволжский регион. Технические науки. 2015. – №2 (34) – С. 123 – 135.

[2]. Колдов А.С., Родионова Н.В., Светлов А.В. Методика совокупных измерений параметров пьезокерамических элементов с использованием синусоидальных сигналов // Надежность и качество – 2015: Труды Международного симпозиума: в 2-х т. – Пенза: Изд-во ПГУ, 2015. – Том 2. – С. 44 – 46.

[3]. OPA656 Wideband, Unity-Gain Stable, FET-Input Operational Amplifier. URL: http://www.ti.com/lit/ds/symlink/opa656.pdf.

[4]. AD9850 CMOS 125 MHz Complete DDS Synthesizer. – Analog Devices, Inc., 2004. URL: http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/ad9850.pdf.


**MEASUREMENT SYSTEM FOR RESEARCH THE PARAMETERS OF PIEZOELECTRIC ELEMENTS**


A.V. Svetlov, A.V. Knyazkov, A.S. Koldov, N.V. Rodionova

*Penza State University, department "Radio engineering and radio electronics systems",*

*Regional Center of National Instruments technologies, Penza, Russia*



*The article deals with the structure of the measurement system for research the parameters of piezoelectric elements, represented four-element equivalent electric circuit. In the LabVIEW environment developed software of the measurement system.*



*Keywords: piezoelectric element, four-element equivalent electric circuit, measurement system, software, LabVIEW*

# ИЗМЕРИТЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ И СТРУКТУР ЭЛЕКТРОНИКИ

А.В. Ермачихин, Ю.В. Воробьев, В.Г. Литвинов

*Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань*

*Измерительно-аналитический комплекс, состоящий из гелиевого криостата замкнутого цикла, термоконтроллера и электрометра, позволяет проводить измерения вольт-амперных характеристик в диапазоне температуры 10-500 К и напряжения ±1000 В. В программном обеспечении для управления измерительным комплексом имеется математический аппарат для расчета стандартного отклонения для выборки данных, что позволяет «убрать промахи», и стандартного отклонения для среднего, что используется для определения погрешности измерения.*

*Ключевые слова: автоматизация измерений, вольт-амперные характеристики, GPIB*

## Постановка задачи

Улучшение имеющегося автоматизированного измерительного комплекса вольт-амперных характеристик (ВАХ) полупроводниковых микро- и наноструктур [1]. Повышение достоверности измерений ВАХ за счет анализа и удаления «промахов» при обработке результатов выборки измерения, а также расчет погрешности в зависимости от количества усреднений.

## Используемое оборудование и программное обеспечение

Измерительно-аналитический комплекс построен на базе криостата замкнутого цикла Janis CCS-400/204n, управляемого температурным контроллером LakeShore 335, и электрометра Keithley 6517B [1]. Для управления созданным комплексом используется среда программирования LabVIEW 2013 и высокопроизводительный GPIB интерфейс NI PCI-GPIB.

## Описание решения

Для выявления порогового значения для промахов используется *правило трех σ* (сигм). Хотя, если среднее арифметическое выборки получено в результате обработки выборки, правило трёх сигм преобразуется в правило трех *s* [2, 3]. В программе реализован не только поиск «промахов», но и визуализация этого процесса (рис. 1). Таким образом, для каждого измерения можно вывести информацию на лицевую панель в виде отклонений каждого измерения от среднего для данной выборки.

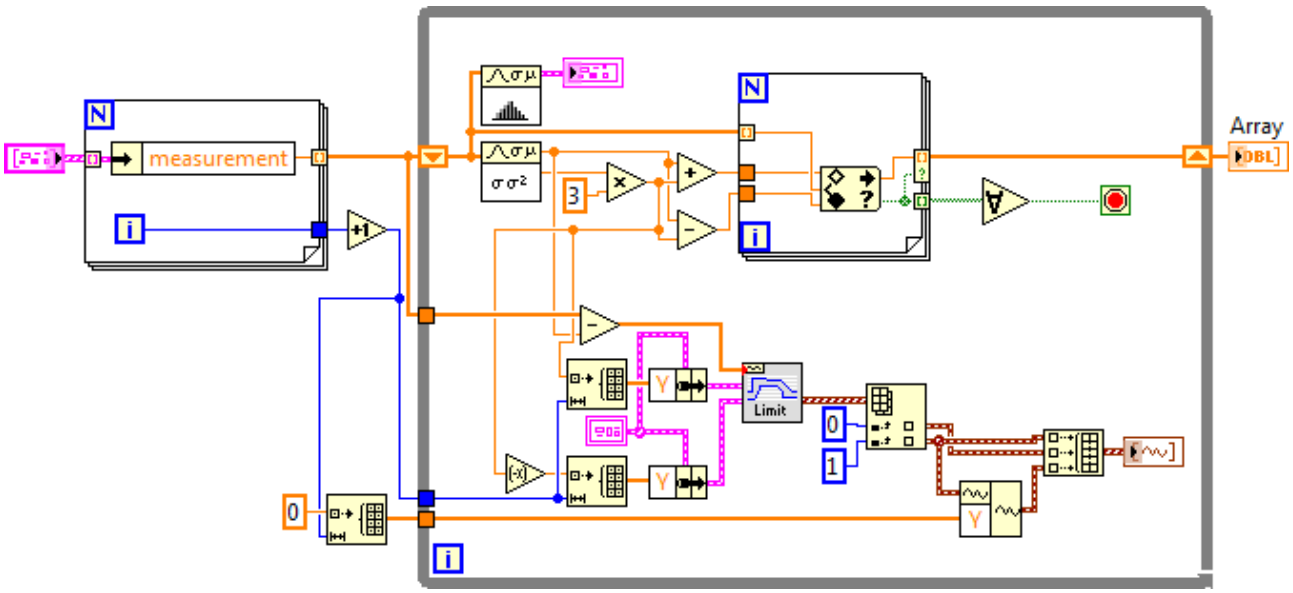



Рис. 1. Виртуальный подприбор, осуществляющий исключение «промахов» из общей обработки выборки и визуализацию отклонений измерения от среднего выборки.

Для нахождения погрешности измерения можно воспользоваться приведенной формулой:

$$\Delta = \frac{s}{\sqrt{n}} \cdot t$$

где $s$ – стандартное отклонение для выборки после цикла, показанного на рис. 1; $n$ – количество усреднений; $t$ – коэффициент Стьюдента для различной доверительной вероятности $p$ (95% по умолчанию) и числа степеней свободы $n$.

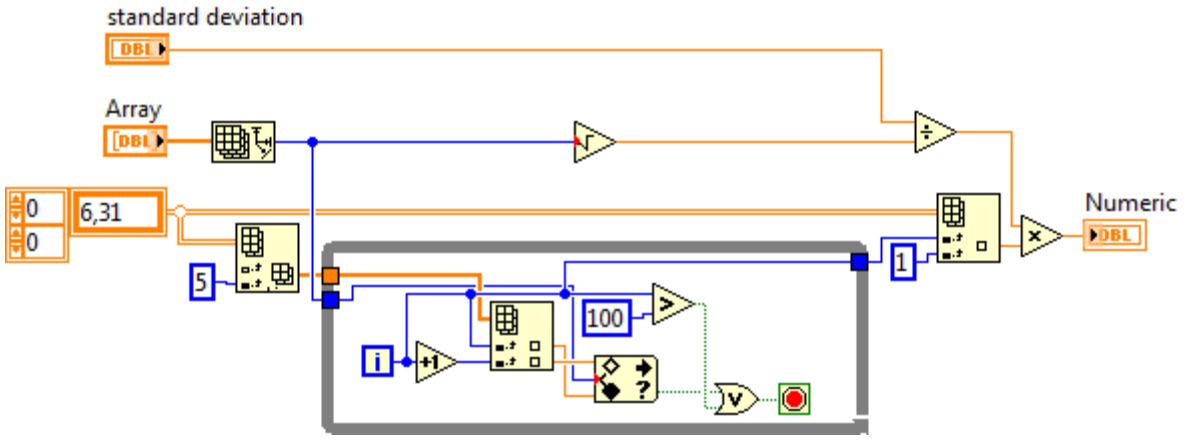



Рис. 2. Виртуальный подприбор, осуществляющий расчет погрешности.

На рис. 2 в 2D массиве находятся значения коэффициента Стьюдента для различной доверительной вероятности и числа степеней свободы (значения взяты из [3]). Программа управления измерительным комплексом осуществляет измерение ВАХ при фиксированной температуре, изменяя при этом напряжение на образце с заданным шагом. Между изменением напряжения и измерением тока существует временная задержка в 1,5 с. При первой итерации цикла измерения (рис. 3) задержка по умолчанию равна 10 с. Это сделано с целью убрать возможные резкие всплески тока в исследуемом образце. Время задержки можно изменять с учетом специфики исследуемого образца.

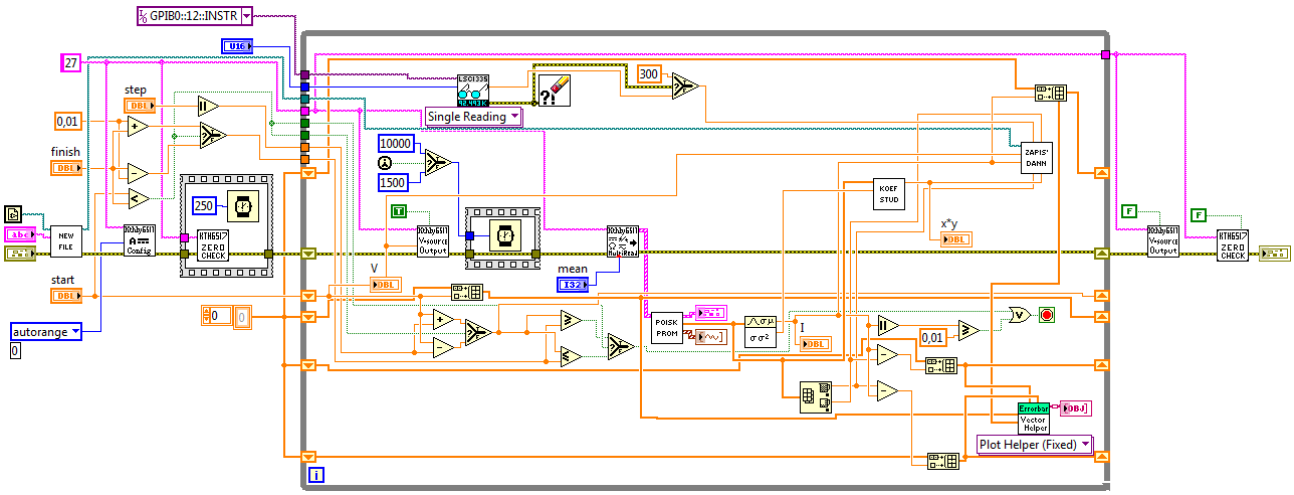



Рис. 3. Виртуальный прибор общей программы.

В программе (виртуальном приборе), показанной на рис. 3, помимо управления изменением напряжения на образце, обработки и вывода данных на монитор ПК, находятся также подприборы, которые осуществляют следующие функции:

- создание нового файла данных с записью времени начала и условиями эксперимента;
- поиск и «удаление промахов» (рис. 1);
- расчет погрешности (рис. 2);
- запись данных (T, K U, V I,A $I_{min}$,A $I_{max}$,A Δ,A).

Лицевая панель программы выводит данные на монитор ПК в виде графиков и чисел (рис. 4).

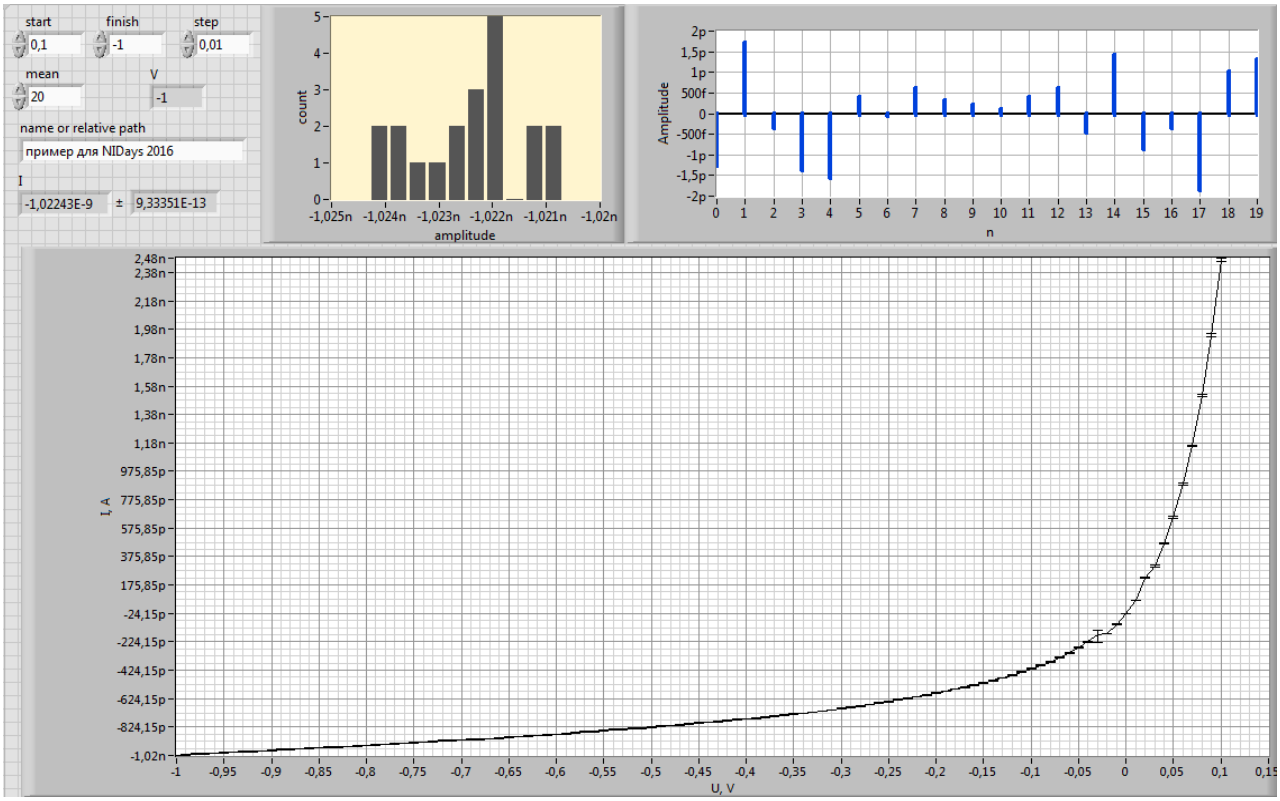



Рис. 4. Фрагмент лицевой панели программы.

**Внедрение и его перспективы**

Разработанный комплекс используется в лаборатории Регионального центра зондовой микроскопии коллективного пользования (РЦЗМкп) для проведения научных исследований. Работа выполнена при поддержке Гранта Президента Российской Федерации № 14.Z56.16.4518-МК на оборудовании РЦЗМкп при ФГБОУ ВО «РГРТУ» (ckp.rsreu.ru) в НОЦ неупорядоченных и наноструктурированных материалов и устройств на их основе (ННМУ).

**Список литературы**


[1]. Ермачихин А.В., Литвинов В.Г. Автоматизированный измерительный комплекс вольт-амперных характеристик полупроводниковых микро- и наноструктур // Сборник трудов XIII конференции компании National Instruments «Инженерные приложения на базе технологий National Instruments - 2014». – 2014. – С. 282-284.

[2]. Новицкий П.В., Зограф И.А. Оценка погрешности результатов измерений. 2-е изд. перераб. и доп. – Л.: Энергоатомиздат. – 1991. – 304 с.

[3]. Кассандрова О.Н., Лебедев В.В. Обработка результатов наблюдений. – Москва. Наука. – 1970. – 104 с.


**MEASURING AND ANALYTICAL SYSTEM FOR FINDING OF I-V-T CHARACTERISTICS OF ELECTRONIC MATERIALS AND STRUCTURES**


A.V. Ermachikhin, Yu. V. Vorobyov, V.G. Litvinov

*Ryazan State Radioengineering University*, Ryazan, Russia



*Measuring and analytical complex based on a closed loop helium cryostat, temperature controller and electrometer, allows to measure I-V-T characteristics in the temperature range of 10-500 K and voltage range ± 1000 V. The software has a mathematical apparatus for the standard deviation calculation for each measurement. It allows to remove mistakes and to determine the measurement uncertainty based on the standard deviation of the mean.*



*Keywords: automation of measurement, current-voltage characteristics, GPIB*

# ИНЕРЦИОННЫЙ ПОЗИЦИОНЕР С СУБМИКРОННЫМ ШАГОМ НА БАЗЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА

М.Г. Азарян

*Радиофизический факультет, Кафедра физики полупроводников и микроэлектроники, ЕГУ, Армения, Ереван*

*В статье описывается инерционный движитель, созданный на базе простого телефонного магнитоэлектрического звукоизлучателя. Приведен необходимый специфичный алгоритм его функционирования, диктующий требуемые технические параметры его работы. Описаны его конструкция и механизм осуществления им принципов инерционного перемещения. Представлена передняя панель виртуального стенда, осуществляющего управление компьютеризованным комплексом для осуществления его испытаний. Описаны некоторые приемы, примененные в связи с использованием WEB-камерной видеорегистрации перемещений. Представлены графические отображения экспериментальных результатов испытаний.*

*Ключевые слова: инерционный движитель, элементарный акт перемещения, наномасштабный, WEB-камера, vi.In.Sl.-stend, испытания.*

## 1. Постановка задачи

Для практического воплощения и экспериментальных исследований описанной в [1] идеи возникла необходимость модифицировать (с учетом необходимости его совмещения с лазерной системой) лабораторный испытательский измерительный стенд с функциональностью сканирующего туннельного микроскопа (СТМ)[2]. Ориентироваться при этом необходимо на штатный режим функционирования СТМ, который предполагает поддержание постоянства величины зазора z между кончиком проводящего зонда и поверхностью исследуемого образца (ИО). Этот процесс обеспечивается отрицательной обратной связью (ООС), организованной электронной системой в совокупности с регулирующим зазор исполнительным элементом. Запускается же ООС только после формирования туннельного тока $I_t$ предварительно задаваемой величины $I_{tn}$ (уже поддающегося измерению электронным усилителем СТМ). Так, как сама величина *z*, необходимая для появления $I_t$, наномасштабных размеров, то этап “тонкого” подвода зонда к ИО, с обеспечением гарантированного механичекого несоударения с его поверхностью, пожалуй, можно отнести к числу важнейших.

Итак, электромеханическая конструкция стенда должна содержать X,Y,Z-пьезопозиционер, несущий предметный столик для ИО, и устройство для осуществления осторожного подвода и ввода туннельно-токового зонда в приповерхностную зону $z_t$. Наличие в лаборатории X,Y,Z-пьезопозиционера свело задачу (комплектации электромеханической части туннельно-токового стенда) к созданию второй ее составляющей части – отмеченного выше специфичного устройства подвода. Так, как намечаемые исследовательские работы допускают вертикальное расположение поверхности ИО, то подвод иглы может быть горизонтальный. Для этого подходит линейный инерционный движитель (ИД) горизонтального хода, создание которого в лабораторных условиях вполне достижимо.

## 2. Описание решения и использованное оборудование

Как известно (например [3]) ИД осуществляет перемещение посредством элементарных актов подвижек δ перемещаемого объекта (ПО). Используя схематический рисунок конструкции (рис.1), можно обрисовать реализацию этого принципа в созданном ИД.

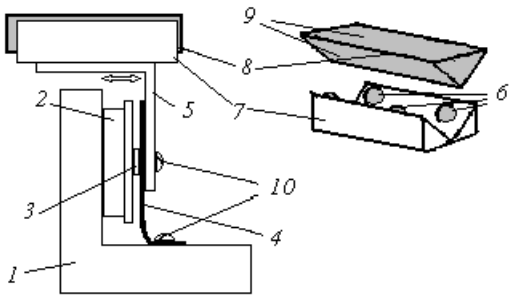



Рис.1. Схема конструкции ИД. 1 - станина, 2 - ИП (телефонный звукоизлучатель), 3 - прикрепленый к центру мембраны ИП шток, 4 – упругий элемент, к которому крепится шток, 5 – несущий столик, на котором, из плоскостей с вмонтированными в них шариками от подшипников 6, сформировано V - образное направляющее ложе 7, 8 – ПО сформированы из сапфировых пластин гранями 9, 10 – крепежные винты.

Функционирование и в этом ИД происходит в две стадии. На первой стадии стимулирование нарастающим электрическим сигналом управления (СУ) горизонтального (относительно медленного) смещения столика 5 вперед на расстояние Δx должно переместить и лежащий на нем объект 7. Вторая стадия – резким возвратом 5 обратно в исходную позицию (обнулирование напряжения СУ) необходимо добиться того, чтобы объект 7 проскользнув, не возвратился вместе со столиком обратно, и, тем самым, совершил акт сдвига на расстояние δ. N - кратное повторение таких актов приводит к результирующему перемещению *7* вперед на расстояние Nδ. Изменение направления Δx на обратное в первой стадии, должно, в принципе, привести к перемещению 7 в противоположном направлении. Эти поступательно-возвратные перемещения обеспечиваются связкой мембрана-прикрепленный к ее центру шток 3-упругий элемент 4-несущий 5 кронштейн.

С учетом таковых перемещений, можно программно организовать следующий алгоритм процесса подвода и “захвата и запуска ООС ”:

а) каждое очередное значение, в поточечной организации нарастания напряжения СУ (первая стадия), формируется только после подтверждения отсутствия туннельного тока $I_{tn}$

б) в случае “обнаружения” $I_{tn}$ нарастание принудительно прерывается обнулением СУ (*принудительное обнуление*)

в) в отсутствие принудительного обнуления, после достижения предельного напряжения реализуется предусмотренный второй этап (*предусмотренное обнуление*), и в итоге осуществляется элементарная подвижка δ

г) предельным Z-выдвижением держателя образца ИО навстречу к игле, также совершается “опрос” о наличии сформировавшегося туннельного тока, и в отсутствие $I_{tn}$ описанная череда операций вновь повторяется

д) как только встречное *Z*-выдвижение, в результате очередного этапа подвода иглы, приведет к появлению туннельного тока $I_{tn}$, произойдет “захват ” ООС сигнала управления Z-позицией (что приведет к поддержанию неизменности $I_{t\ n}$) и остановка работы ИД.

В таких обстоятельствах, для гарантированного несоударения кончика иглы с ИО, величина δ не должна превосходить половины диапазона предельного Z-выдвигания. Так, как максимальное выдвижение используемого X,Y,Z-позиционера не более 1,5мкм, то предельная подвижка $\delta_k$ создаваемого ИД может достигать даже 0.75мкм. Учет того, что успешность совершения подвижки в ИД зависит и от величины диапазона периодического смещения Δx столика (несущего ПО), подсказал, что замена в создаваемом ИД традиционного короткоходного линейного пьезоэлектрического исполнительного привода (ИП) на магнитоэлектрический, предоставляющий возможность инициации больших смещений Δx, может способствовать успешному решению технической задачи. Помимо этого, тогда можно будет, отказавшись от конструирования высоковольтного усилителя, воспользоваться, уже имеющимся в наличии простым усилителем тока, для обеспечения управления электромагнитом ИП.

Экспериментальные испытания ИД проводились с привлечением лабораторного комплекса, который образован компьютером с встроенной картой FPGA NI7830, виртуальным измерительным стендом (vi.In.Sl.-stend), написанным в программной среде LabVIEW 11, и электронным контроллером, обеспечивающим все необходимые трансформации СУ, поступающих с карты.

В vi.In.Sl-stend регистрация перемещений осуществлялась Web–камерой. Такой способ регистрации, предоставляя большую “сцену” наблюдения, позволяет отслеживать перемещения в широком

динамическом диапазоне и привлечь (для оптимизации регистрации) средства цифровой обработки и анализа изображений IMAQ Vision[4].
Наиболее удобным способом “перевода” перемещения в количественный формат (численный) и определения величины важного критерия $\delta_k$ оказался следующий прием.
На предварительно бинаризированное изображение метки на ПО “накладывается” отрезок линии (“ROI”) задаваемой длины (в пикселах). Сама метка – пересечение сформированной границы между черной бумагой и наложенным на нее 10мм фрагментом светлой миллиметровки с ROI-линией. По миллиметровке производится и калибровка – длина ROI сопоставляется с отображаемым 1мм миллиметровки. Как только метка, в процессе перемещения ПО, пересекает заданный край ROI, начинается отсчет числа этапов ($N_э$). Он заканчивается по прохождении всей длины ROI.
Так, как особенности попикселных регистраций “картинки” матрицей WEB-камеры и отображения на экране монитора делает достаточно проблематичной регистрирование перемещений $\delta_k$, ожидаемые размеры которых могут быть меньше или сравнимы с размерами единичного элемента матрицы, то частное от деления длины ROI на $N_э$ можно считать усредненным значением $\delta_k$.
Для выяснения особенностей функционирования ИД в измерительном стенде предусмотрена возможность управления параметрами СУ. Благодаря этому, были выявлены зависимости от них эффективности реализуемых ИД перемещений и особенности осуществляемых перемещений. Это позволило, на основании проведенных испытаний ИД, определить оптимальные значения параметров управления СУ, необходимые для реализации нужных $\delta_k$. Отметим, что проявилась и зависимость эффективности работы ИД и от частоты повторяющихся сигналов симуляции. Предположение, что это связано с механическим резонансом конструкции ИД, подтвердилось зависимостью амплитуды смещения 5 от частоты. Также выяснилось, что равенство ИД-перемещений в обоих направлениях, реализуемая при больших значениях $\delta_k$ (~1мкм), нарушается при субмикронных значениях $\delta_k$. Однако это обстоятельство не является особенно существенным, так как в нашей задаче можно обойтись и без этого “сервиса” – важно только суметь обеспечить необходимый безударный подвод зонда к ИО.
В качестве иллюстрации вышеизложенного, приведены передняя панель испытательского стенда vi.In.Sl.-stend, последовательные этапы наблюдаемых перемещений и пример успешной операции перемещения, полученный при параметрах СУ, обеспечивших $\delta_k$.=525нм (рис.2).

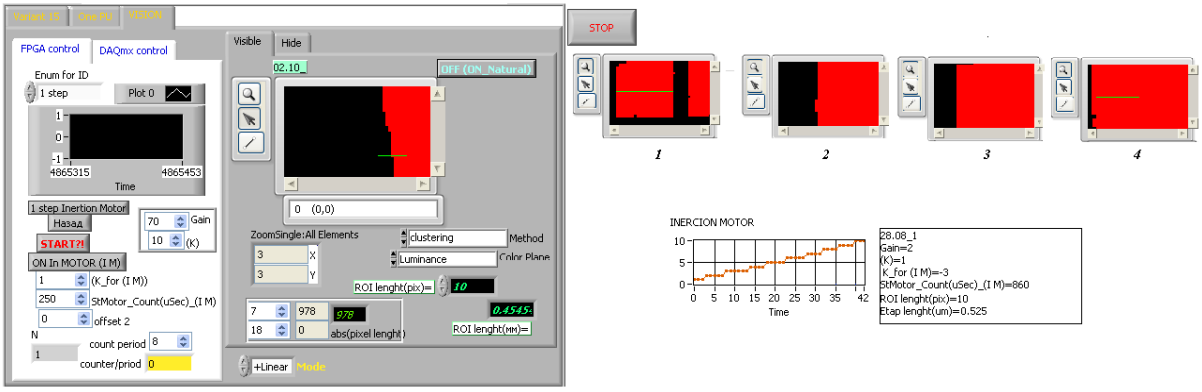



Рис.2 Передняя панель испытательского стенда vi.In.Sl.-stend, картина последовательных этапов перемещения и экспериментальная кривая, полученная при параметрах СУ, обеспечивших $\delta_k$.=525нм.
Таким образом, реализовано созданным ИД-перемещение с необходимым $\delta_k < 0.75$мкм.
Конечно же, о полной успешности решения выдвинутой задачи можно будет судить лишь после экспериментальных испытаний этого ИД, с применением описанного выше алгоритма подвода и ввода с его помощью зонда в приповерхностную зону $z_t$, что будет возможно лишь после завершения всего комплекса работ, необходимых для полноценного функционирования модифицированного стенда.

### 3. Список литературы


[1]. М.Г.Азарян, А.А.Лалаян, В.М.Арутюнян, Г.М.Арзуманян, А.В.Белушкин./К созданию зондового микроскопа сверхвысокого оптического разрешения./"Ядерная физика и нанотехнологии", сборник статей ОИЯИ. - Дубна, 2008.

[2]. М.Г.Азарян./Реализация микроскопирования в лабораторном туннельно-токовом стенде.//Изв. НАН РА и ГИУА сер.ТН, 2009г, т.62, N4, с 441-449

[3]. A vertical piezoelectric inertial slider.//Ch.Renner, Ph. Niedermann.,A.Kent, E.Fischer./Univesite de Geneve, Departement de Physique de la Matiere Condensee,Quai Ernest Ansermet 24, CH-1211 Geneve 4, Switzeland., Rev.Sci. Instrum.61(1990)No.3,965-967

[4]. Визильтер Ю.В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В.// Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision. - М. 2008.

**INERTIAL POSITIONER WITH SUBMICRON STEP BASED ON DRIVE MAGNETOELECTRIC**

*M.G.Azaryan*

*Radio physics Faculty, Department of Physics of Semiconductors and Microelectronics, Yerevan State University, Yerevan, Armenia.*

*This article describes an inertial propulsion, created on the basis of a simple phone magneto electric sounder. Is given required specific algorithm of this operation, dictates the required technical parameters of this work. We describe this structure and mechanism to implement them principles of inertial movement. Submitted by the front panel of the virtual stand, managed by computerized complex for this tests. We describe some of the techniques applied in connection with the use of WEB-camera motion video recording. Is a graphical representation of experimental test results.*

*Keywords: inertial propulsion, the elementary act of displacement, nanoscale, WEB-Camera, vi.In.Sl.-stend, test.*

# ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА MSP430G2553 В РЕЖИМАХ НИЗКОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SMU PXIe-4139

С.Л. Денисов, В.В. Речков, С.Н. Дубовой, А.Т. Лелеков

*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва», Сибирский федеральный округ, Красноярский край, г. Красноярск*

*Создана система измерения тока потребления микропотребляющих устройств, основанная на синхронизированных SMU PXIe-4139. Проведена оценка возможностей работы микроконтроллера MSP430G2553 в режимах сверхнизкого энергопотребления при различных вариантах его программирования.*

*Ключевые слова: PXIe-4139, автоматизация эксперимента, микропотребляющие приборы*

## 1. Постановка задачи

Снижение потребляемой мощности приборов различного назначения — медицинского, промышленного, космического, в потребительском сегменте IoT и носимой электроники — является объективной тенденцией. В настоящее время электронной промышленностью активно осваивается милли- и микроваттный диапазон мощностей, решаются задачи создания миниатюрных высокоресурсных источников питания, вычислителей, датчиковой и индицирующей аппаратуры, исполнительных устройств.

Одним из перспективных вариантов для создания источника питания является преобразование радиоактивной энергии изотопов в электрическую на основе бетавольтаического эффекта — кремниевый p-i-n диод, работающий в режиме генерации при облучении его активной поверхности бета-частицами, образующимися вследствие распада атомов изотопа никеля-63 [1]. Преимуществами энергетических источников на основе радиоизотопов являются большой срок службы (свыше 10 лет в зависимости от изотопа), малый вес и размеры, широкий диапазон внешних условий работы и высокая надежность, но отдаваемая мощность имеет порядок десятка-сотни микроватт. На основе него возможно создание гибридного источника тока или напряжения с элементами накопления заряда, работающего в пульсирующем режиме. Был проведен анализ приборов, способных полноценно работать в микроваттном диапазоне. Наиболее широкими возможностями обладают микроконтроллеры (МК) семейства MSP430G2, оптимизированные для низкого энергопотребления [2].

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012 с модулем NI DCPower. Для реализации системы была использована платформа NI PXIe-1072 двумя измерителями NI PXIe-4139 и многофункциональным устройством NI PXIe-6366. Обработка данных производилась в среде Diadem, имеющей лучшие характеристики при обработке тяжёлых tdms-файлов.

## 3. Описание решения

Для проведения исследования работы в режимах низкого энергопотребления был выбран микроконтроллер MSP430G2553, входящий в состав отладочной платы MSP-EXP430G2.

Цель экспериментов заключалась в:

- проверке данных по токопотреблению, приведенных в документации;
- оценке затрат энергии, требуемых для перехода контроллера между режимами.

Измерения проводились на высокоточном измерительном стенде, позволяющем задать режим работы нагрузки (структурная схема приведена на рис. 1), точность задания и измерения тока — доли наноампер. Заявляемая в документации точность модулей PXIe-4139 была проверена на простом источнике тока в 1нА, схема и фотография приведены на рис. 2. Источник представляет собой высокостабильный источник напряжения (свежую батарею 1,5В), разряжающийся на высокоомный делитель расчетным током, который измерялся SMU при подключении его выводов к R18 в режиме стабилизации напряжения при Uвых = 0 В. Делитель состоит из двух групп резисторов, R1-R15 номиналом 10 МОм, 5%, R16-R18 номиналом 1 кОм, 5%. Ток был рассчитан с низкой погрешностью при предварительном измерении всех фактических номиналов измерителем PXI-4072. При изготовлении внимание следует уделить предварительной отмывке корпусов резисторов, использовался изопропиловый спирт ОСЧ. Точность PXIe-4139 соответствовала заявленной.

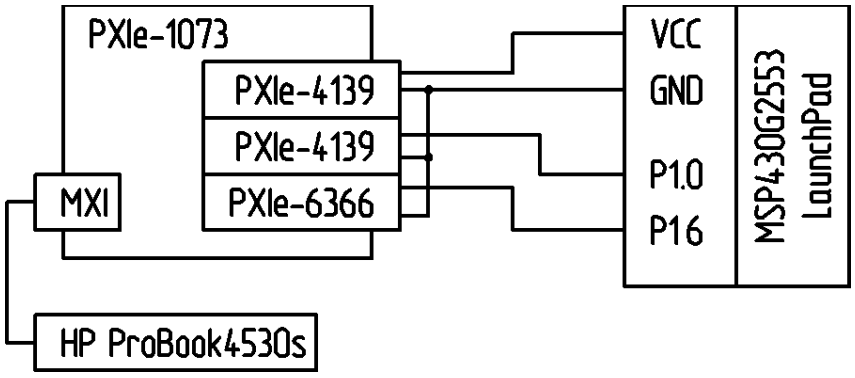



Рисунок 1. Структурная схема системы.

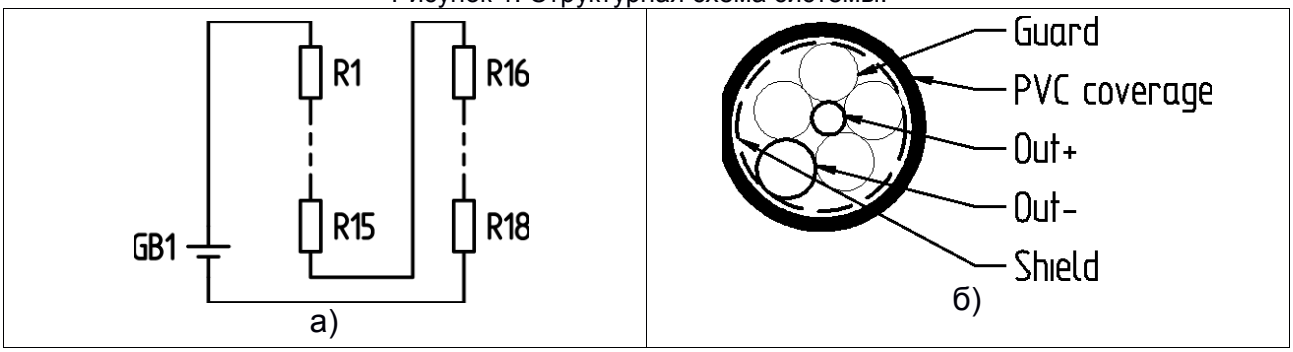



Рисунок 2. Поверочный источник тока.

При измерении малых токов особое внимание следует уделять утечкам тока и источникам помех. Для устранения помех использовалось ряд приемов, суть которых заключается в экранировании и создании качественного контура заземления корпусов. Разработанная клетка Фарадея (алюминиевая стенка толщиной 3мм) позволяет эффективно снизить влияние промышленных помех. В соответствии с требованиями [3] разработан и изготовлен соединительный кабель, схема компоновки приведена на рис. 2 а, пропорции в диаметрах провода соблюдены. Провода сигналов Out+ и Out- выполнены посеребреным проводом в ПВХ изоляции. Провод Guard — медный, большего диаметра в фторопластовой изоляции, навит вокруг центральной жилы. Провод Out- навит в обратном направлении. Снаружи кабель помещен в дополнительный экран (снят с толстого антенного кабеля), заземляемый к гнезду возле выходного разъёма SMU PXIe-4139, далее ПВХ изоляция. Кабель подключается к тестируемому устройству разъёмами «крокодил», длина проводов после выхода из экрана должна быть минимальна. Также необходимо помнить о поддержании чистоты поверхностей и элементов системы.

Разработанная программа по своей структуре состояла из написанных и отлаженных отдельно тестирующих определённый параметр подпрограмм, а также запускающей их с передачей кластера параметров программы верхнего уровня. Подпрограммы отрабатывали определённую последовательность измерений, сохраняли сырые данные, обрабатывали их и передавали в подпрограмму верхнего уровня сокращённую информацию (график и несколько параметров). Такая организация позволила существенно упростить разработку, документирование и поддержку системы.

Программа микроконтроллера должна была на короткое время (в прерывании) установить и сбросить один из выводов порта, что сигнализировало бы о работоспособности и позволяло выделить режимы его работы. Вне прерывания МК находится в режиме низкого энергопотребления (LPM3), в котором не способен производить расчёты. Исследовались следующие способы работы МК, отличающиеся функционалом МК [2]:

**DCOMCLK**: МК во время обработки прерывания работает в полном активном режиме, т.е. со всей включённой периферией и часами. По данным документации, ток потребления составляет 220 мкА, измеренное значение 184 мкА.

**VLOMCLK**: В данном способе подключается низкочастотный генератор тактов VLO, главные часы MCLK тактируются от него. Благодаря этому ток в активном режиме по сравнению с током в способе DCO уменьшается в среднем до 47.5 мкА .

**VLOMCLK_disDCO**: Данный способ отличается от VLOMCLK тем, что во время прерывания предварительно отключаются цифровые часы DCO, которые не отключались в исходном способе. В результате ток в активном режиме падает до 2.16 мкА (рис. 3 а).

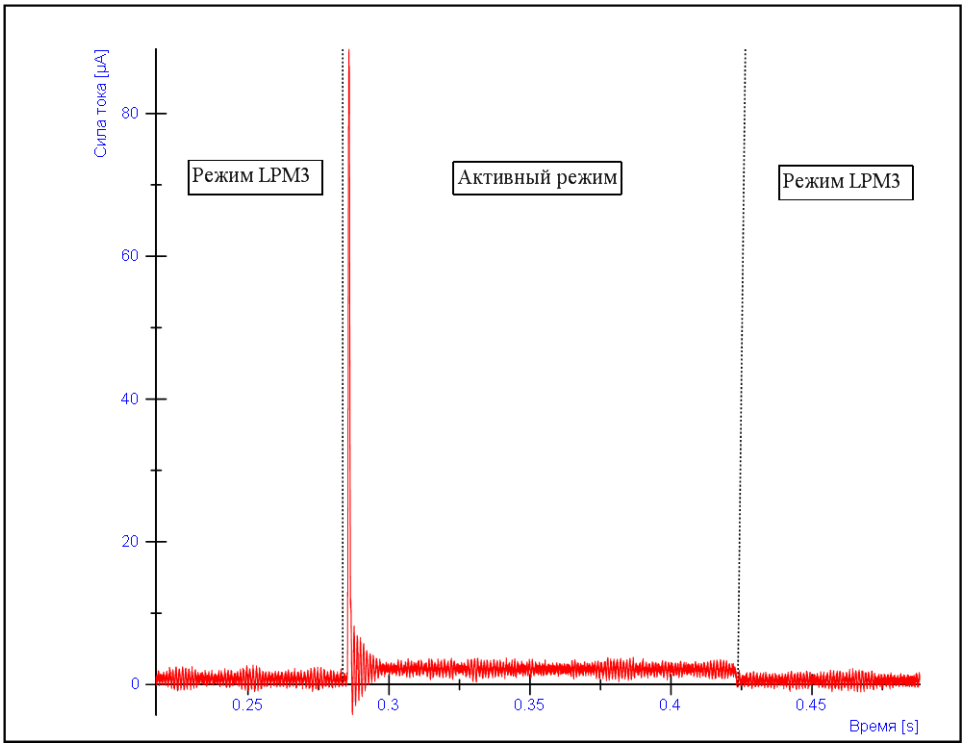



Рисунок 3. Осциллограммы тока потребления.

**4. Внедрение и его перспективы**

Проведенный эксперимент показал, что потребление контроллера семейства MSP430 фирмы Texas Instruments достаточно мало для использования качестве источника питания бетавольтаического кремниевого преобразователя. Разработанная система автоматизации эксперимента успешно внедрена в лаборатории космической энергетики и силовой электроники ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва». На базе разработанного оборудования и программ создаётся комплекс измерения характеристик устройств, работающих в пульсирующем режиме (накопление энергии / работа). Работы проведены при поддержке ФЦП «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технического комплекса России на 2014-2020 годы», соглашение №14.577.21.0117, уникальный идентификатор RFMEFI57714X0117.

**5. Список литературы**

[1]. P.V. Zelenkov, V.G. Sidorov, E.T. Lelekov, A.Y. Khoroshko, S.V. Bogdanov, A.T. Lelekov. Modeling of microporous silicon betaelectric converter with 63Ni plating in GEANT4 toolkit. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, Volume 122, Issue 1, article id. 012036 (2016), doi:10.1088/1757-899X/122/1/012036

[2]. MSP430G2x53, MSP430G2x13 datasheet / Texas Instruments, May 2013.

[3]. NI DC Power Supplies and SMUs 15.2 Help. http://zone.ni.com/reference/en-XX/help/370736R-01/ni_dc_power_supplies_help/gaurding/

**MICROCONTROLLER MSP430G2553 ULTRA-LOW-POWER MODE PROBING WITH SMU PXIe-4139**

S.L. Denisov, V.V. Rechkov, A.T. Lelekov

*Reshetnev Siberian State Aerospace University, Krasnoyarsk, Russia*

*Created measurement system of nanoampere current consumption devices based on synchronized SMU PXIe-4139. Estimated capabilities of the MSP430G2553 microcontroller in ultra-low power modes, for different programming cases.*

*Keywords: PXIe-4139, automatic process control system, nanopower devices*

# КОНТРОЛЬ СБОЕВ И ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСХЕМ ЦИФРО-АНАЛОГОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕСКСА NATIONAL INSTRUMENTS

А.Б. Каракозов, П.В. Некрасов, Г.С. Сорокоумов, Д.В. Бобровский

*АО «ЭНПО СПЭЛС» / ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, г. Москва*

*Рассматриваются аппаратные и программные решения для контроля сбоев и измерения параметров микросхем цифро-аналоговых преобразователей с использованием универсального аппаратно-программного комплекса NI. Описаны схемотехнические и конструктивные меры борьбы с помехами. Приведен алгоритм параллельного аналогового сбора данных модуля PXI-7841R, позволяющий увеличить производительность.*

*Ключевые слова: ЦАП, цифро-аналоговые преобразователи, аппаратно-программный комплекс, характеристика преобразования, PXI-7841R, LabVIEW.*

## 1. Постановка задачи и объект исследования

Для решения задач функционального и параметрического контроля различных классов микросхем в условиях применения, а также входного контроля на производстве широко используются аппаратно-программные комплексы на основе модульного универсального измерительного оборудования и пользовательского программного обеспечения (ПО) [1, 2]. Такие комплексы обладают универсальностью, гибко подстраиваются под конкретную задачу, и после модификации могут быть использованы для широкого класса объектов и измерений.

Данная работа посвящена разработке схемы сопряжения универсального аппаратно-программного комплекса на основе NI PXI [4] и написании пользовательского ПО, необходимого для контроля сбоев и измерения точностных параметров микросхем цифро-аналоговых преобразователей (ЦАП).

В качестве объекта исследования была взята микросхема 14-битного ЦАП DAC5675A с производительностью до 400 MSPS производства фирмы Texas Instruments. Данный ЦАП имеет внутренний прецизионный источник опорного напряжения, входной параллельный цифровой порт, работающий на дифференциальных сигналах стандарта LVDS и токовый выход 0…20 мА.

Параметрический контроль ЦАП включал измерение тока потребления и точностных параметров – дифференциальной и интегральной нелинейности, ошибки смещения нуля и полной шкалы. Контроль сбоев производился путем непрерывной регистрации и построения распределения (гистограммы) выходного сигнала ЦАП с максимальной достижимой скоростью.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для измерения параметров ЦАП и контроля сбоев использовалась модульная система на базе шасси PXI-1033, платы аналого-цифрового ввода/вывода PXI-7841R и источника питания PXI-4110 [3]. Программное обеспечение разработано в среде LabVIEW. Для реализации на плате PXI-7841R контроллера обмена с цифровым интерфейсом ЦАП и чтения аналогового сигнала использовался программный модуль LabVIEW FPGA.

## 3. Аппаратное сопряжение микросхемы ЦАП и измерительного оборудования

Схема подключения микросхемы ЦАП приведена на рис. 1. Так как цифровые выходы модуля PXI-7841R соответствуют стандарту КМОП 3,3 В, то для подключения к LVDS порту ЦАП была необходима схема сопряжения, состоявшая из четырех 4-разрядных LVDS буферов. Плата PXI-7841R способна принимать аналоговый сигнал в виде напряжения в диапазоне ±10 В, поэтому для преобразования токового сигнала ЦАП в напряжение и его последующего масштабирования использовалась схема на двух операционных усилителях (ОУ).

При контроле параметров микросхем ЦАП важную роль играет стабилизация питания и защита от помех [4]. В данном случае для снижения помех питания и влияния цифровой части ЦАП на выходной аналоговый сигнал были использованы следующие приемы: 1) цифровые и аналоговые сигналы пространственно разделены на печатной плате (ПП) оснастки; 2) все аналоговые и большинство цифровых сигнальных линий трассированы по верхнему слою ПП; 3) в нижнем слое ПП расположен полигон земли с разделением на аналоговую и цифровую земли, соединенные в одной точке («звездой»); 4) каналы аналогового и цифрового питания ЦАП разделены, для фильтрации сигналов питания использованы конденсаторы.

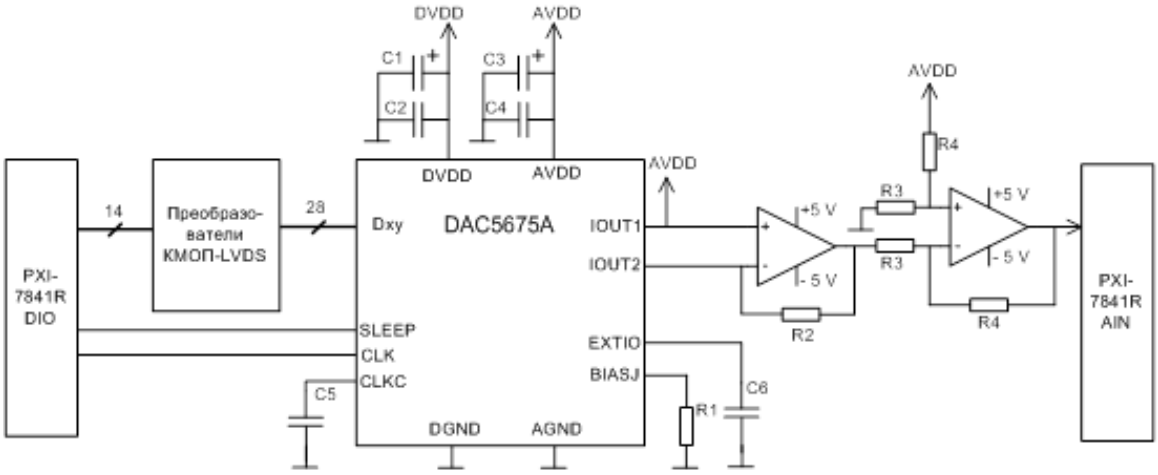



Рис. 1. Схема подключения микросхемы ЦАП.

**4. Реализация программной части**

В ходе разработки ПО стояла задача максимального использования производительности аналоговой части модуля PXI-7841R. Плата PXI-7841R имеет 8 аналоговых дифференциальных каналов с производительностью 200 kSPS на канал. Опрос аналоговых линий в структуре последовательности или конечного автомата привел бы лишь к суммированию всех времен преобразования, и итоговая производительность была бы равна производительности одного канала. Поэтому для повышения скорости приема до 1600 kSPS каналы AI0..7 опрашивались в параллельных циклах с относительным временным сдвигом 625 нс (1/8 времени преобразования). Считанные данные затем записывались в общий буфер FIFO и передавались для последующего анализа и сохранения в хост часть ПО (рис. 2). Интерфейс передачи входного кода ЦАП был реализован в FPGA в виде структуры конечного автомата, что позволило настраивать частоту обмена и время удержания данных.

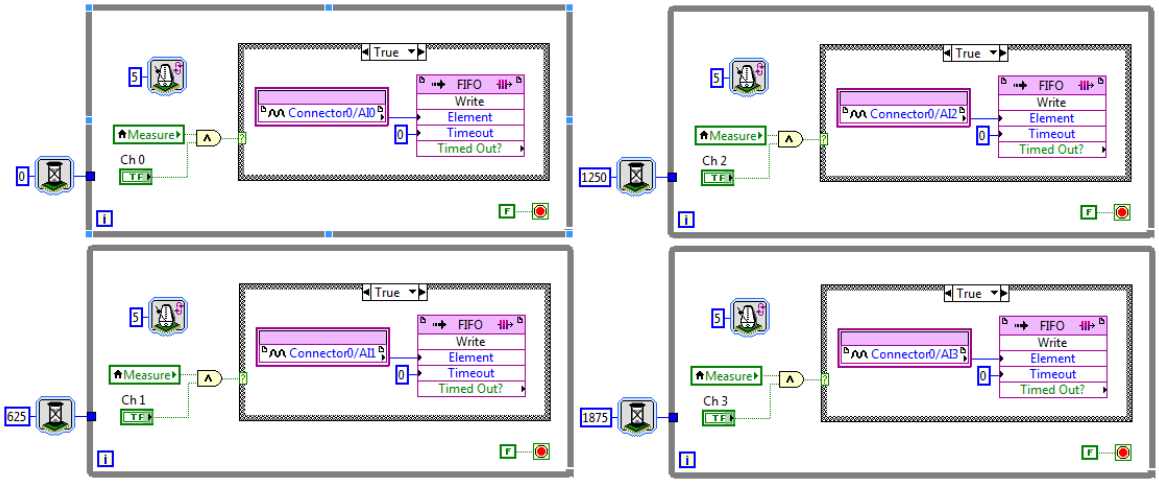



Рис. 2. Фрагмент программы аналогового сбора данных (FPGA часть).

Дальнейшая обработка, вывод и сохранение данных, а также управление процессом измерений производились в хост части ПО, построенной по архитектуре конечного автомата.

Для контроля сбоев ЦАП на вход подавался фиксированный цифровой код, и производилось непрерывное считывание выходного сигнала до достижения набранной статистики 1…10 млн. точек. По результатам начальной калибровки строилось исходное распределение выходного сигнала (рис. 3). Затем в процессе тестирования в качестве сбоя рассматривалось любое отклонение выходного сигнала за границы калибровочной гистограммы.

Для измерения точностных параметров ЦАП производилось измерение характеристики преобразования (ХП), после чего значения нелинейностей и ошибок смещения рассчитывались по стандартизованным процедурам. Типичные графики ХП приведены на рис. 3.

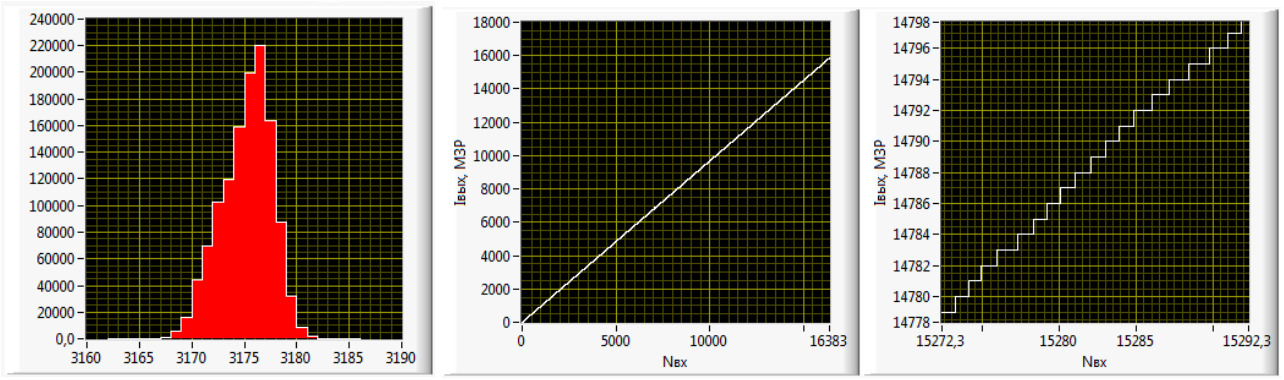



Рис. 3. Характерная гистограмма выходного сигнала ЦАП и характеристики преобразования

**5. Внедрение и его перспективы**

Разработанные аппаратные решения и ПО для контроля сбоев и измерения точностных параметров микросхем ЦАП успешно апробированы при исследовании микросхемы DAC5675A, вошли в состав универсального аппаратно-программного комплекса, разработанного в АО «ЭНПО СПЭЛС», и могут применяться для тестирования микросхем ЦАП и встроенных блоков ЦАП в составе микросхем микроконтроллеров и систем на кристалле. Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 14-29-09210.

**6. Список литературы**

[1]. Karakozov A.B. Nekrasov P.V. , Bobrovsky D.V., Marfin V.A. “Advanced Hardware-Software Complex For Single Event Effects Testing In Integrated Circuits Under Heavy Charged Particles Exposion” - 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Proceedings.

[2]. Davydov, G.G., Kolosova, A.S., Kessarinsky, L.N., Boychenko, D.V. The automated test system for parametric and functional control of the modern transceiver IC's. 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Proceedings.

[3]. Loskutov, I.O., Karakozov, A.B., Nekrasov, P.V., Nikiforov, A.Yu. Automated radiation test setup for functional and parametrical control of 8-bit microcontrollers. 2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 – Proceedings.

[4]. O. Kalashnikov, A. Artamonov, A. Demidov, et. al, “ADC/DAC Radiation Test Technique”, Workshop Record 4th European Conf. "Radiations and Their Effects on Devices and Systems" (RADECS 97), 1997, Palm Beach-Cannes, France, pp. 56-60.

**UPSET DETECTION AND PARAMETERS CONTROL OF DIGITAL-TO-ANALOG CONVERTERS USING THE NATIONAL INSTRUMENTS HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX**

A.B. Karakozov[1], P.V. Nekrasov[1], D.V. Bobrovsky[2], G.S. Sorokoumov[2]

*1. National Research Nuclear University (NRNU) MEPhi, Moscow, Russia*

*2. Specialized Electronic Systems (SPELS), Moscow, Russia*

*The article discusses hardware and software solutions for monitoring upsets and measuring parameters of digital-to-analog converters using a universal complex based on NI hardware. The circuit and constructive ways of reducing the influence of interference are described. The enhanced algorithm of parallel analog data acquisition using PXI-7841 module is demonstrated.*

*Keywords: digital-to-analog converters, hardware-software complex, conversion characteristic, PXI-7841R, LabVIEW.*

# ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЦИФРОВОГО СИГНАЛА

А.Е. Макаров, Р.К. Сагдиев, к.т.н.
*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»*

*Данная работа посвящена разработке стенда для выполнения лабораторных работ по исследованию параметров высокочастотного цифрового радиосигнала. Для реализации стенда были использованы современные высокоточные радиотехнические приборы и программная среда, использующая графический язык программирования, а также была осуществлена поддержка дистанционной работы, что позволяет получать измерения в реальном времени. Было создано работоспособное программное обеспечение и написаны методические указания, содержащие в себе алгоритм работы каждой из программ.*

*Ключевые слова: NI USRP-2920, PXI Platform, спектр сигнала, групповое время запаздывания, джиттер, глазковая диаграмма*

## 1. Постановка задачи

В данной работе в качестве исследуемых параметров высокочастотного цифрового радиосигнала рассматриваются:

1) Коэффициент амплитудной модуляции *M* в случае амплитудно-модулированного (АМ) сигнала;
2) Девиация частоты для частотно-модулированного (ЧМ) сигнала;
3) Групповое время запаздывания;
4) Фазовое дрожания (джиттер) [1] цифрового сигнала.

Для измерения коэффициента амплитудной модуляции *M* и девиации частоты исходный радиосигнал представляется в виде спектра. В первом случае измерение сводится к детектированию амплитуды спектральной линии на несущей частоте и амплитуды спектральной линии на любой из боковых частот. В случае ЧМ сигнала девиация частоты определяется методом нулей Бесселя [2], его суть заключается в регистрации по шкале анализатора спектра момента обращения в нуль спектральной составляющей. Для измерения группового времени запаздывания применяется метод Найквиста [2], согласно которому групповое время запаздывания на какой-то частоте принимается равным времени распространения огибающего сигнала, полученного при амплитудной модуляции несущего колебания этой частоты колебанием более низкой частоты. Фазовое дрожание находится при помощи глазковой диаграммы и гистограммы TIE [3].

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для реализации всех вышеперечисленных методов измерения использован ВЧ приемопередатчик NI USRP-2920 и контрольно-измерительная система на основе модульной платформы "PXI". Данное оборудование позволяет осуществить дистанционный процесс измерений, а именно выполнение лабораторной работы с удаленных персональных компьютеров. Порядок обращения к прибору регулируется главным сервером, соединение происходит по каналу связи Ethernet. В частности, опыт использования данного оборудования можно найти в [4, 5].

Разработка программного обеспечения, а также процесс взаимодействия пользователей с лабораторным стендом производится при помощи программной среды графического программирования LabVIEW от компании National Instruments. Программное обеспечение включает в себя виртуальные приборы приема и передачи цифрового сигнала для каждого из исследуемых параметров. Для измерения коэффициента амплитудной модуляции *M*, девиации частоты и группового времени запаздывания предусмотрены соответствующие программы-генераторы и программы-анализаторы спектра АМ и ЧМ цифровых сигналов, работающие с векторным генератором NI PXIe-5673 и векторным анализатором NI PXIe-5663 соответственно. В случае измерения джиттера используется векторный генератор/анализатор NI USRP-2920, подключение производится при помощи локальной сети.

## 3. Описание решения

Лабораторный стенд подразумевает наличие рабочих мест (персональных компьютеров с соответствующим программным обеспечением), их связь с векторным генератором/анализатором для преобразования сгенерированного цифрового сигнала в аналоговый с его последующим прохождением через исследуемое устройство, приемопередатчик и возвращением на персональный компьютер. Структурная схема лабораторного стенда представлена на рис.1.

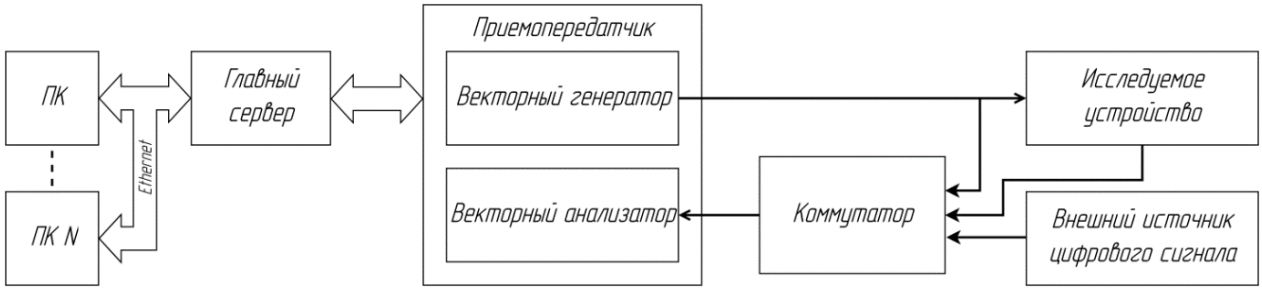



Рис.1 - Структурная схема лабораторного стенда.

Выбор между всеми возможными режимами работы осуществляется при помощи трехпозиционного коммутатора, позволяющего выбрать один из трех режимов работы лабораторного стенда: "Прохождение сигнала с векторного генератора на векторный анализатор", "Прохождение сигнала с векторного генератора на векторный анализатор через исследуемое устройство (фильтр)" или "Прохождение сигнала с внешнего источника цифрового сигнала на векторный анализатор".

Алгоритм работы лабораторного стенда в режиме "Прохождение сигнала с векторного генератора на векторный анализатор" следующий:

1) Сгенерированный цифровой код управления с персонального компьютера поступает на главный сервер, регулирующий порядок обращения пользователей к векторному генератору/анализатору, по каналу Ethernet, а далее к самому векторному генератору/анализатору;

2) Через процессор цифровой обработки, входящий в состав векторного генератора, сигнал через цифро-аналоговый преобразователь поступает на IQ-модулятор и усилитель мощности для передачи радиосигнала;

3) Радиосигнал принимается векторным анализатором: через тракт преобразования частоты и усиления поступает на IQ-демодулятор, далее через фильтр нижних частот и аналого-цифровой преобразователь на процессор цифровой обработки сигнала;

4) С векторного анализатора результат обработки принятого радиосигнала по каналу Ethernet поступает на главный сервер и в заданном порядке обращения обработанный информационный сигнал возвращается на персональный компьютер для дальнейший визуализации в программной среде.

## 4. Внедрение и его перспективы

Разработанные лабораторный стенд успешно внедрен в ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ». Планируется создание аналогичного лабораторного стенда, предназначенного для более точного измерения джиттера цифровых сигналов данных.

## 5. Список литературы

[1]. Julian Dunn. Measurement Techniques for Digital Audio // Julian Dunn; пер. с анг. Максим Лядов – Beaverton, Oregon: Audio Precision, 2002. – 210 с.

[2]. Метрология и электрорадиоизмерения в телекоммуникационных системах: учебное пособие // С.И. Боридько С.И., Дементьев Н.В., Тихонов Б.Н., Ходжаев И.А. – Москва: Изд-во «Горячая линия – Телеком», 2007. – 374 с.

[3]. Измерение джиттера в цифровых системах // Теоретические основы радиоэлектроники, телекоммуникаций и измерений [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://unitest.com/theory/jitter-pr.html

[4]. Сагдиев Р.К., Евдокимов Ю.К., Шахтурин Д.В. Исследование навигационных параметров GPS/ГЛОНАСС приемников на имитационном оборудовании. Проблемы техники и технологий телекоммуникаций ПТиТТ-2014: Материалы XV Международной научно-технической конференции. Оптические технологии в телекоммуникациях ОТТ-2014: Материалы XII Международной научно-технической конференции. – Т.2. Казань, 18 – 21 ноября 2014 года. – Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та. с.203-205.

[5]. Сагдиев Р.К., Евдокимов Ю.К., Шахтурин Д.В.Исследование помехоустойчивости навигационных приемников систем ГЛОНАСС/GPS. «Нигматуллинские чтения-2013»: Международная научно-техническая конференция, 19 –21 ноября 2013 г. : Тезисы докладов.– Казань: Изд-во Казан. гос. техн. ун-та.с.128-129

## LABORATORY STAND FOR THE STUDY OF THE PARAMETERS OF HIGH-FREQUENCY DIGITAL SIGNAL

A.E. Makarov, R.K. Sagdiev, c.t.s.

*«Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev-KAI»*

*This article is devoted to the development of the stand for laboratory studies of the parameters of high-frequency digital signal. For the implementation of the stand were used modern high-precision instruments and radio programming environment that uses a graphical programming language, and has been implemented support telecommuting, which allows you to receive real-time measurements. It is created a usable software and it is written guidelines, containing the algorithm of each of the programs.*

*Keywords: NI USRP-2920, PXI Platform, spectral density, group delay, jitter, eye diagram*

# ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ MIMO-2X2 СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ

Т.В. Хоанг[1], С.Х. Фам[1], Ф.А. Цветков[2]

*1, 2 ЮФУ, ИРТСУ, 347928, г. Таганрог*

*В статье рассматривается учебная лабораторная установка для исследования MIMO-2x2 системы передачи информации в воздушной среде в ультразвуковом диапазоне частот с применением технологий фирмы National Instruments. Приведена структура установки, описаны алгоритм её работы, вид сигналов и результаты экспериментальной проверки работоспособности.*

*Ключевые слова: MIMO, USB-6251, ультразвуковые электроакустические преобразователи, QAM- QPSK-сигналы, сигнальная диаграмма*

## 1. Постановка задачи

В настоящее время интенсивно развиваются MIMO-системы передачи информации и освоение принципов работы этих систем студентами является актуальной задачей. Обычно MIMO-системы применяются в СВЧ-диапазоне частот электромагнитных колебаний. Создание учебных установок с такими рабочими частотами требует дорогостоящего оборудования и большого пространства для размещения приемных и передающих антенн. Однако принцип работы MIMO-системы можно продемонстрировать и в средах с малой скоростью распространения волны, например, в воздушной среде с использованием акустических колебаний. Такая установка состоит из недорогих устройств, но позволяет продемонстрировать все характерные для MIMO-систем эффекты.

Работа посвящена созданию учебной лабораторной установки для исследования MIMO-2x2 системы передачи информации в воздухе в ультразвуковом диапазоне частот с применением технологий фирмы National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программное обеспечение установки выполнено в среде программирования NI LabVIEW 2012. Аппаратная часть установки реализована на основе устройства ввода-вывода NI USB-6251.

## 3. Описание решения

Структурная схема установки показана на рис. 1.

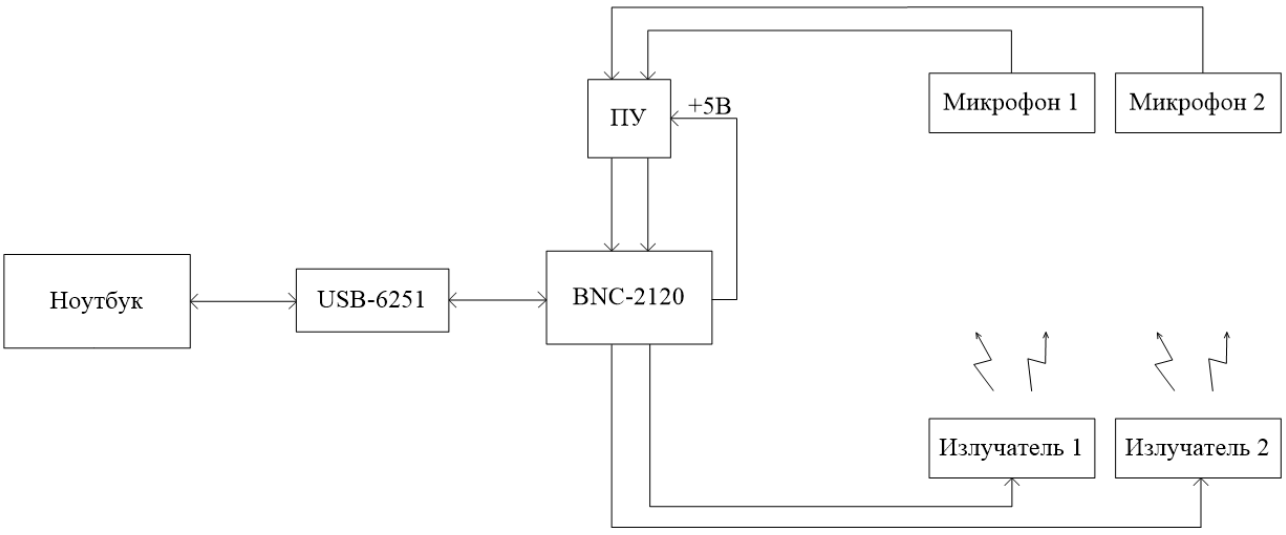



Рис.1. Структурная схема установки

Основой установки является ноутбук с программной средой NI LabVIEW 2012, подключенное к нему устройство ввода-вывода NI USB-6251, два электроакустических излучателя SR04-T и два электроакустических микрофона SR04-R. Имевшаяся в распоряжении версия устройства ввода-вывода не имела BNC-разъемов, поэтому для съема и подачи на него сигналов использовался коннекторный узел BNC-2120 с соответствующим кабелем. К разъёмам AO0 и AO1 коннекторного узла подключены излучатели 1 и 2. Для уменьшения перекрёстных связей между каналами принимаемых сигналов в BNC-2120, соединительном кабеле и входном коммутаторе аналоговых сигналов NI USB-6251 сигналы с ультразвуковых микрофонов подавались на входы AI4 и AI5 BNC-2120 не непосредственно, а через предварительные усилители – повторители напряжения на операционных усилителях. Так как сигналы с микрофонов не велики, то оказалось достаточным питать операционные усилителя от напряжения +5 В с контакта на BNC-2120.

Внешний вид установки при экспериментальном исследовании показан на рис. 2. Излучатели и микрофоны расположены попарно, каждый – в призме из пеноплекса. Передние грани призм отклонены от вертикали, чтобы устранить многократные переотражения ультразвуковых волн (выносной монитор использован для лучшей демонстрации результатов работы установки). Предварительные усилители собраны на макетной плате рабочей станции NI ELVIS.

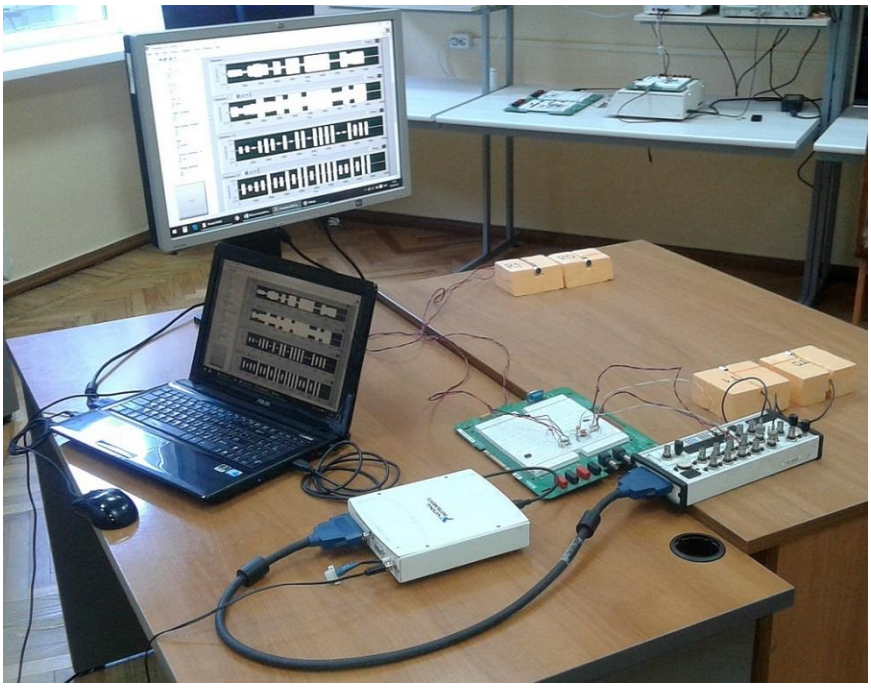


Рис. 2. Внешний вид лабораторной установки

Излучатели и микрофоны имеют рабочую частоту 40 кГц. Поэтому излучается синусоидальный сигнал с частотой 40 кГц, манипулированный по амплитуде и фазе цифровыми данными (QAM, QPSK, …). Передаваемые цифровые данные формируются с помощью датчика псевдослучайных чисел, разделяются на два параллельных потока, каждый из которых преобразуется в QAM-сигналы (QPSK, …), передаваемые по двум независимым каналам в пакетном режиме одновременно обоими излучателями на одной и той же несущей частоте. В начале каждого пакета в первом такте излучается калибровочный сигнал только излучателем 1, во втором такте излучается калибровочный сигнал только излучателем 2. В последующих тактах излучаются сигналы данных одновременно обоими излучателями (каждый сигнал передаёт свой поток данных). При этом оба микрофона принимают смесь сигналов от обоих излучателей. Эти два сигнала подаются на NI USB-6251, оцифровываются и, далее, в цифровой форме вводятся в ноутбук, где выполняется их обработка (в это время передача новых данных не производится).

При обработке в каждом из сигналов с микрофонов выделяются тактовые интервалы, в пределах которых определяются амплитуды и начальные фазы принятых колебаний. По полученным данным в первых двух тактах определяется матрица комплексных коэффициентов передачи всей системы передачи информации, а затем для каждого последующего такта по двум комплексным амплитудам сигналов от микрофонов и матрице коэффициентов передачи решением системы линейных уравнений

находятся комплексные амплитуды сигналов, подававшихся на излучатели. В результате получается последовательность комплексных амплитуд переданных сигналов, которая преобразуется в последовательность переданных цифровых данных. Сравнением переданных и принятых данных можно определить вероятность ошибки и другие параметры системы передачи данных. В частности, по комплексным амплитудам принятых сигналов строится сигнальная диаграмма. Один из её вариантов, полученный при экспериментальном исследовании, показан на рис. 3.

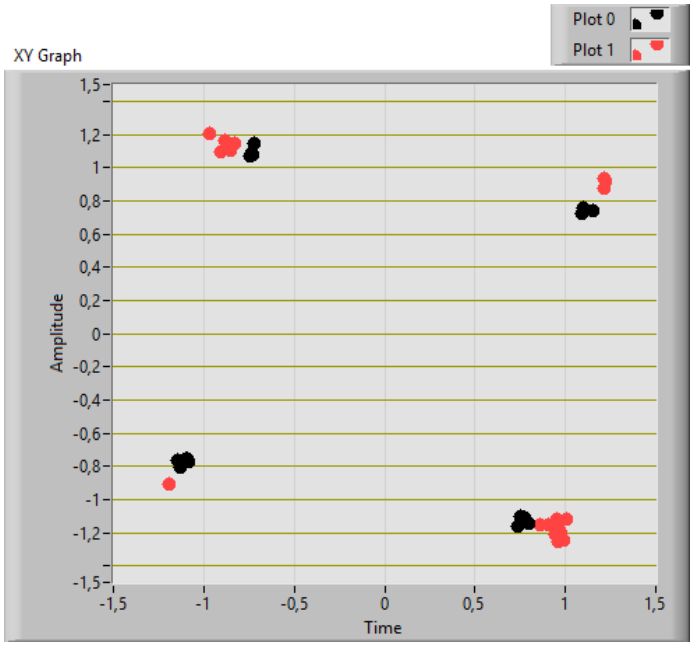



Рис. 3. Сигнальная диаграмма принятых QPSK-4 сигналов
(черный цвет – данные, принятые по каналу 0, красный – по каналу 1)

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная учебная лабораторная установка для исследования MIMO-2x2 системы передачи информации в воздушной среде в ультразвуковом диапазоне частот успешно применяется в учебном процессе Института радиотехнических систем и управления Южного федерального университета при изучении студентами радиотехнических и телекоммуникационных дисциплин.

**5. Список литературы**

[1]. Introduction to space-time codes – Sumeet Sandhu, Rohit Nabar, Dhananjay Gore, Arogyaswami Paulraj.
[2]. Технология MIMO: принципы и алгоритмы – М.Г. Бакулин, Л.А. Варукина, В.Б. Крейнделин.

## LABORATORY EQUIPMENT FOR RESEARCH 2X2 MIMO-SYSTEM INFORMATION TRANSFER

TV Hoang, SH Fam, FA Tsvetkov

*Institute of radio engineering systems and management of the Southern Federal University, Taganrog, Russia*

*The article considers the training laboratory installation for the study of the 2x2 MIMO-data transmission systems in the air in the ultrasonic frequency range using a National Instruments technology company. The structure of the installation, describes the algorithm of its work, the kind of signals and the results of experimental verification of performance.*

*Keywords: MIMO, USB-6251, ultrasonic electroacoustic transducers, QAM- QPSK-signals, signal diagram.*

# МАКЕТ СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ.

Д.А.Токмачев, А.Г. Ченский

*ФГБОУ ВПО ИрГТУ664074, г. Иркутск*

**Постановка задачи**

Сейчас в мировой практике все большее распространение получают необитаемые подводные и надводные аппараты для научных исследований. Для осуществления обмена информацией с подобными аппаратами, используют хорошо распространяющийся под водой звук. Перед разработкой системы гидроакустической связи стоит ряд проблем, например, высокий уровень шумов в воде, многолучевое распространение сигнала, зависимость поглощения от длины волны, все эти факторы негативно влияют на дальность действия, скорость передачи данных и помехоустойчивость канала связи. Для решения этих проблем предлагается использовать сложные сигналы.

Основной задачей поставленной перед разработкой данного макета, является создание системы передачи информации: построение самого макета, проверка различных видов модуляции, сравнение максимально достижимой скорости передачи данных и помехоустойчивости информационного канала.

Для высокой скорости работы широкополосного канала передачи данных необходимо производить модуляцию и демодуляцию сигнала в режиме реального времени. Основное преимущество данного макета системы ШПС в возможности программной реконфигурации всей системы - в зависимости от вновь поставленной экспериментальной задачи. Для обмена информацией возможно использование различных видов модуляции.

Программа для системы широкополосной связи написана на графическом языке программирования с использованием инструментов разработки приложений LabVIEW, Real-Time и NI-DAQ. Данное решение, позволяет, разработать всю систему в рамках одного проекта использование готовых алгоритмов обработки и передачи данных существенно ускоряет процесс разработки программного обеспечения и реализации проекта в целом.

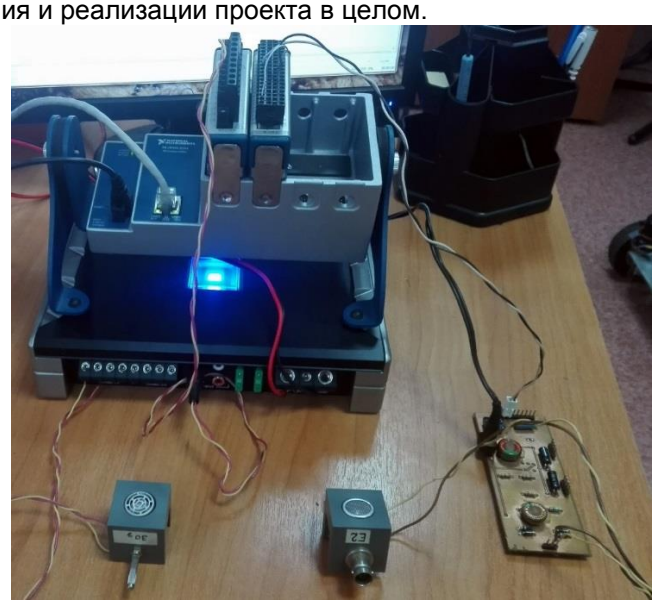


Рисунок 1 – Макет системы широкополосной связи.

**Оборудование и программное обеспечение**

Для решения поставленной задачи было написано программное обеспечение в среде программирования NILabVIEW 13. Для реализации макета используется следующее оборудование:

Платформа NIcDAQ 9184
Аналого-цифровой преобразователь NI 9205
Цифро-аналоговый преобразователь NI 9263
Усилитель мощности Alpine PDR F50
Пьезокерамические излучатели MA40 A5S
Приемный усилитель

**Описание решения**

Информационная посылка формируется в зависимости от выбранного вида модуляции и передается на ЦАП NI 9263 в составе платформы NIcDAQ. С выхода ЦАПа сигнал поступает на усилитель мощности, и излучается пьезокерамическим преобразователем. С принимающей стороны акустический сигнал преобразуется пьезокерамической антенной в электрический, усиливается и поступает на вход АЦП NI 9205. Оцифрованный сигнал проходит обработку в соответствии с алгоритмом демодуляции. На рисунке два показан пример для обработки PSK/MSK сигнала:

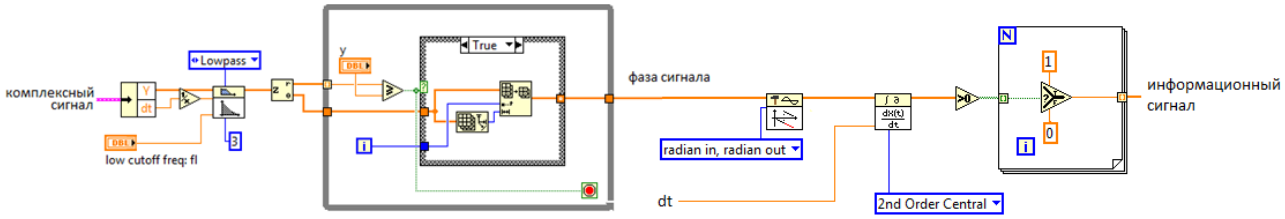



Рисунок 2 – Выделение полезного PSK/MSK сигнала и его демодуляция.

Перед демодуляцией необходимо выделить информационную посылку, так как информация передается «пакетами» через определенные промежутки времени, принятый сигнал представлен в виде «шум-сигнал-шум». Хоть отношение сигнал-шум и высокое - тот сигнал, который не несет информации, не нужен, а значит необходимо выделить только полезный сигнал. При превышении порогового уровня цикл останавливается и из массива, в котором содержится фаза сигнала, выделяется массив, в котором будет содержаться фаза только полезного сигнала.

После того, фаза полезного сигнала сначала приводится к непрерывному виду, при помощи функции Unwrap phase. Далее полученная фаза дифференцируется при помощи Derivative x(t). Метод дифференцирования – 2nd Order Central. Затем получившийся сигнал приводится к виду «1», «0». Таким образом, после выполнения данной операции получается массив содержащий отсчеты демодулированного сигнала

В ходе экспериментов с макетом системы широкополосной связи были использованы следующие виды сигналов:

- Тональная посылка.
- Сигнал с линейной частотной модуляцией.
- FSK-сигнал.
- MSK-сигнал.
- Сигнал с фазовой PSK-модуляцией.

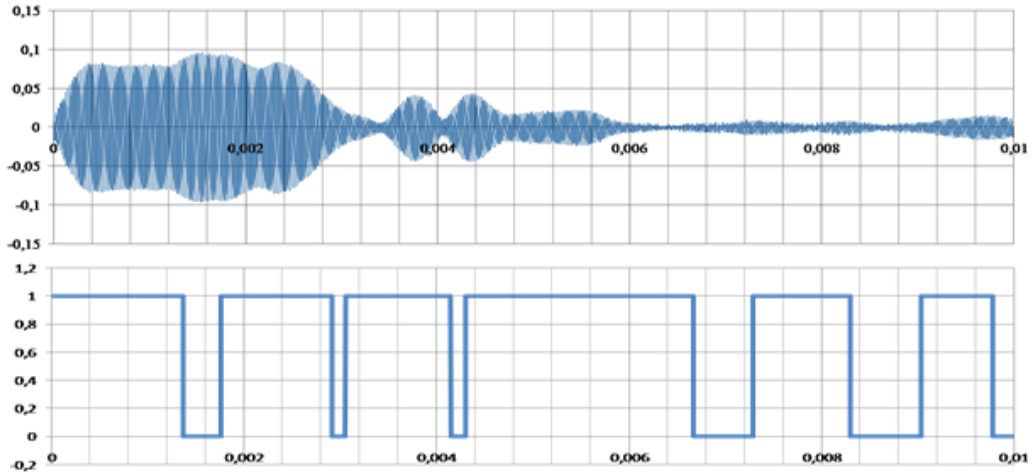



Рисунок 3 – Принятый и демодулированый MSK сигнал.

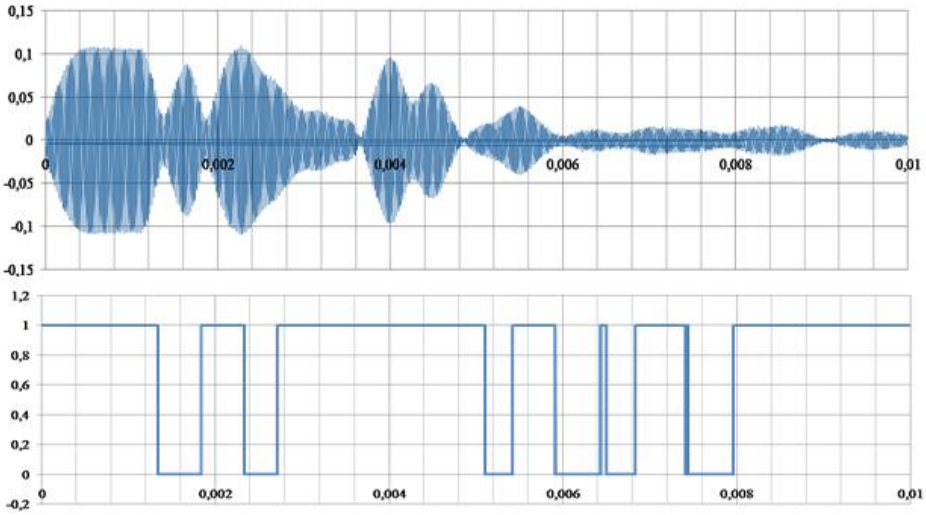



Рисунок 4 – Принятый и демодулированый PSK сигнал.

**Внедрение и его перспективы**

Использование данного макета системы широкополосной связи возможно для создания гидроакустического модема, и его использования в целях приема информации с буксируемых аппаратов, беспилотных подводных и надводных комплексов, автономных донных и буйковых станций, передачи данных по гидроакустическому каналу связи. Разработка данного макета велась в рамках гос. задания № 1218 “Разработка гидроакустического профилографа с линейной частотной модуляцией для поиска аквальных газовых гидратов.

**Список литературы**

[1]. Латыпов Е.С., Засенко В.Е. Разработка модема для подводной связи. Сборник трудов конференции «Современные проблемы радиотехники и связи», ИрГТУ, 17 мая 2012.

[2]. Федосов В.П. Цифровая обработка звуковых и вибросигналов в LabVIEW / Москва ДМК Пресс, 2010

[3]. Скляр Бернард. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение./ Изд. 2-е испр.: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003.

[4]. Баран Е.Д. LabVIEWFPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы./ Москва ДМК Пресс,2009

## A TEST BENCH FOR BROADBAND HYDROACOUSTIC DATA LINK

D.A. Tokmachev, A.G. Chensky
Irkutsk National Research Technical University

The article is devoted to a test bench designing for comparing the noise immunity of different types of signal modulation. The software and used hardware description is shown. The article demonstrates some experimental data acquired for different modulation types. The designed bench can be used for development of hydroacoustic modems underwater unmanned devices, bottom stations, etc.

# МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРКИ ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА С ПОМОЩЬЮ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ

А.Л. Гришаев, А.В. Перчик, А.А. Гавриченкова

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

*В докладе описывается методика определения марки оптических стекол по отклику рамановского спектрометра, и ее реализация в виде виртуального прибора, управляющего спектрометром и анализирующего спектры.*

*Ключевые слова: рамановская спектроскопия, состав оптического стекла*

Для определения оптических свойств стекол, таких, как показатель преломления, существует множество различных способов, например, метод погружения стекла в иммерсионные жидкости разной оптической плотности [1], интерферометрический способ, требующий для своей реализации плоскопараллельную пластину, вырезанную из исследуемого образца [2]. Зачастую стоит задача исследования детали из стекла установленной в приборе без возможности ее извлечения и подготовки из нее образца для исследования, в таком случае необходимо применять бесконтактные оптические методы исследования.

В рамановской спектроскопии исследуется спектр излучения, рассеянного образцом при облучении монохроматическим светом [3], в большинстве случаев - лазером. Большая часть рассеянного образцом излучения, вследствие упругого (рэлеевского) рассеяния, имеет ту же длину волны, что и длина волны возбуждающего лазера, однако в спектре могут присутствовать слабые компоненты, с энергией, отличающейся от энергии возбуждающих фотонов, связанные с процессом неупругого рассеяния. Разница энергии неупруго рассеянных и возбуждающих фотонов связана с энергетическими уровнями молекул исследуемого образца.

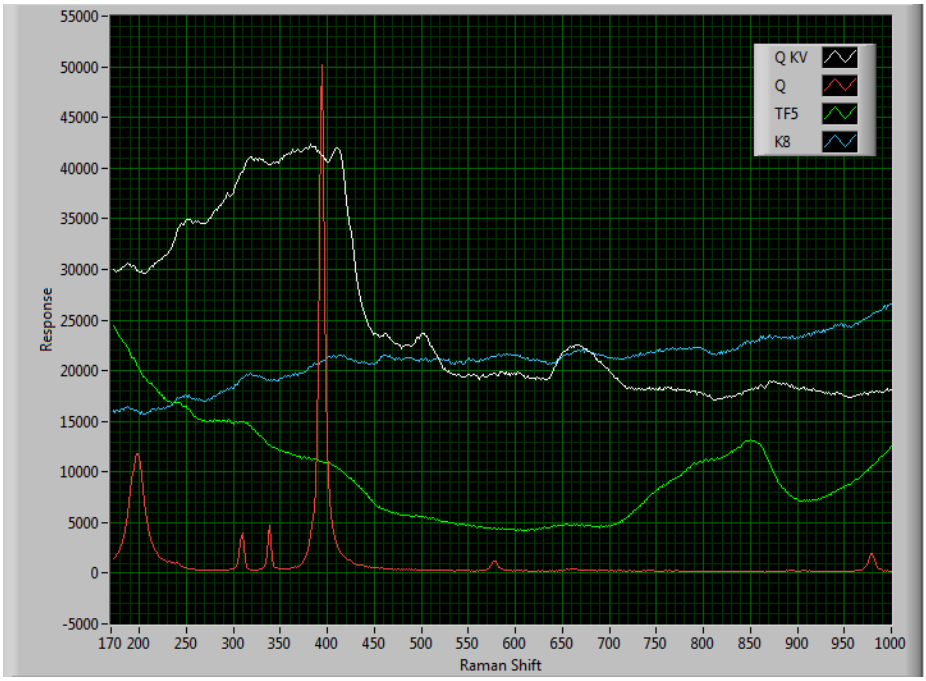



Рис. 1. Спектры исследуемых образцов – стекол К8, ТФ5, плавленого кварца КВ и кристаллического кварца

В исследованиях был использован комбинированный рамановский спектрометр i-Raman Plus (BWTEK), в котором в качестве источника излучения используется лазер с излучением на длине волны

785 нм и максимальной мощностью 495 мВт. Программная часть установки была реализована в LabVIEW 2011.

В состав оптических стекол помимо оксида кремня входят оксиды других элементов, свинца, бора, натрия, фосфора и др., придающие стеклу необходимые оптические и механические свойства. По рамановскому спектру можно определить состав исследуемого стекла, каждый из оксидов, входящих в состав стекла, вносит в спектр рассеяния свой вклад, а сравнив спектр рассеяния исследуемого стекла с эталонным спектром определить его марку, а, следовательно, и оптические характеристики.

В экспериментальной части работы были исследованы несколько образцов оптического стекла (рис. 1), стекла, содержащие свинец (ТФ) имеют выраженные спектральные особенности в области 800 $см^{-1}$ и 850 $см^{-1}$, для плавленого кварца виден характерный спад в области 420 $см^{-1}$, кристаллический кварц имеет линейчатый спектр, характерный для кристаллических материалов. В области выше 1000 $см^{-1}$ в стекле наблюдается интенсивная люминесценция, что связано с неоптимальным выбором длины волны возбуждающего лазера. Для рамановской спектроскопии стекол лучше использовать лазер на длине волны 532 нм.

**Список литературы**


[1]. G. Smith, Liquid immersion method for the measurement of the refractive index of a simple lens. Applied Optics. 21(5), pp. 755-757 (1982).
[2]. M. Born, E. Wolf, Principles of Optics (Pergamon, Oxford, 1968).
[3]. C.V. Raman. A new radiation. Indian Journal of Physics, 2, 1928. P. 387-398.
[4]. A. Yadav P. Singha A review of the structures of oxide glasses by Raman spectroscopy, RSC Adv., 2015,5, 67583-67609


**RAMAN SPECTRISCOPY FOR GLASS TYPE DETERMINATION**


A.L. Grishaev, A.V. Perchik, A.A. Gavrichenkova

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*



*Method for determination of optical glass type is described and realized in virtual instrument.*



*Keywords: Raman spectroscopy, optical glass composition*

# МОНИТОРИНГ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ LABVIEW

О.Б.Скворцов[1,2]

*1. "Научно-Технический Центр "Завод Балансировочных Машин" Россия, г. Москва,*
*2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) Россия, г. Москва,*

*В статье рассматривается система синхронного мониторинга процессов вибрации и собственного магнитного поля проводника, через который пропускают импульсный ток. Проведение измерений в условиях сильных электрических помех позволяет исследовать процессы деформации проводника с током в собственном магнитном поле. При выполнении работы измерения вибрации и магнитного поля выполнялось с использованием 3D датчиков.*

*Ключевые слова: мониторинг вибрации, мониторинг магнитного поля, пинч-эффект, скин-эффект*

## 1. Постановка задачи

Стандартные средства измерения динамических процессов [1,2] фирмы NI обеспечивают широкие возможности сбора и анализа динамических сигналов. При исследовании электромеханического оборудования часто возникает задача анализа процессов вибрации [3]. Сложность анализа таких процессов определяется, во-первых с разным временным масштабом, в котором протекают электромагнитные и механические процессы. Так явления связанные с проявлением скин-эффекта обычно проявляются на частотах существенно более высоких, чем механические колебания изделий, в том числе и вызванные действием скин-эффекта. С другой стороны, электродинамические и механические процессы могут быть и сравнительно медленными и даже носить статический характер [4]. Во вторых, проведение таких измерений обычно связано с воздействием высокого уровня электрических и электромагнитных помех. Работа большой части мощного современного электрооборудования связана с использованием импульсных токов большой величины. Амплитуда таких токов может достигать десятков КА.

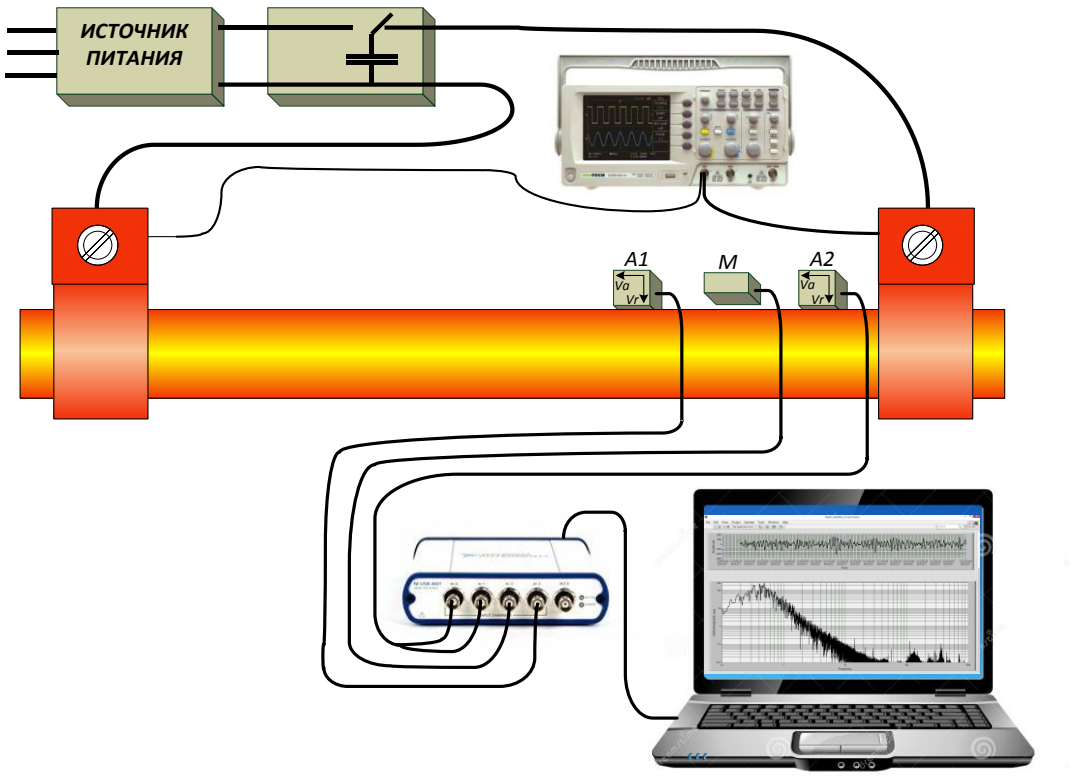



Рис. 1. Структурная схема стенда для исследования действия импульсного тока..

Такие большие токи вызывают появление сильных магнитных полей. Это вызывает проявление механических колебаний проводящих элементов из-за взаимодействия между разными элементами или отдельных элементов с собственным магнитным полем. Вибрационные процессы являются одной из причин развития повреждений в конструкциях [5]. Частое повторение импульсных воздействий может являться причиной потери прочности. Эти процессы особенно существенны в связи с проявлением эффектов гигацикловой усталости [6].

Работа посвящена созданию автоматизированного стенда (рис.1.) для исследования электродинамических и механических колебаний металлических изделий при пропускании через них импульсных токов большой величины. Такой стенд был разработан с применением технологии NI.

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW с модулем сбора данных NI USB 4431. В работе также использовались 3D пьезоэлектрические акселерометры АП20 и датчики магнитного поля на основе микросхем MLX90242.

**3. Описание решения**

Питание стенда (рис.1) выполняется от трехфазной сети 380 В 50 Гц. Накопитель заряда на конденсаторе со схемой управления позволяет формировать одиночные или повторяющиеся импульсы с регулируемой длительностью и амплитудой до десятков КА.

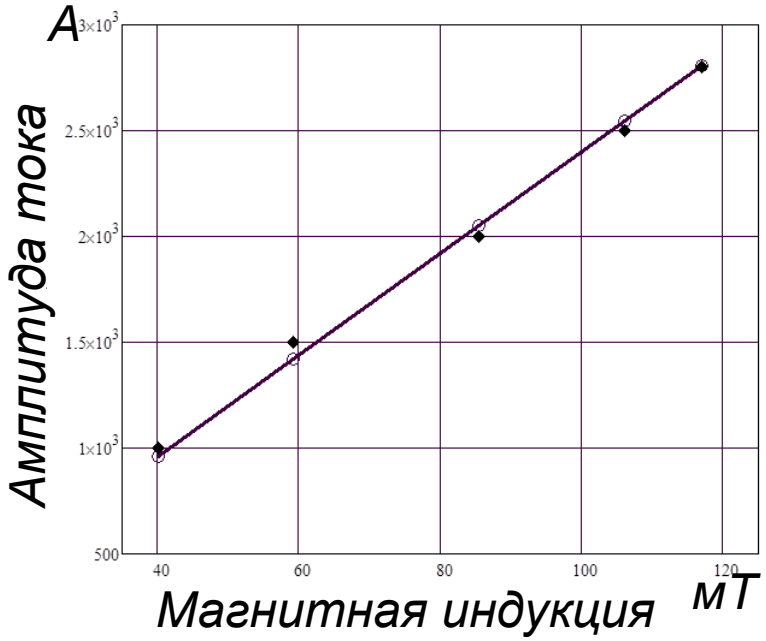
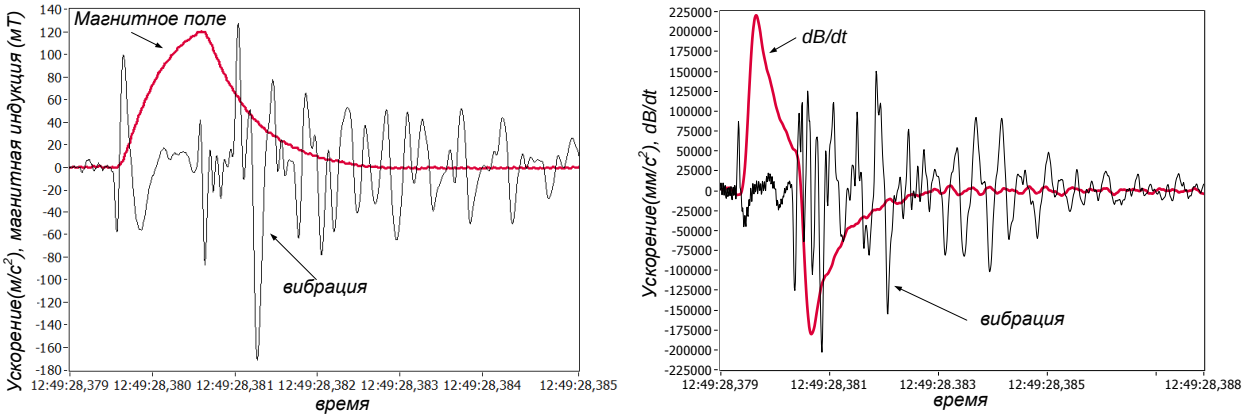



Рис.2. Зависимость между током и магнитной индукцией для датчика магнитного поля на элементе MLX90242

Магнитное поле контролируется датчиком магнитной индукции на основе эффекта Холла *M*, а вибрация - акселерометрами *A1* и *A2*, которые могут быть закреплены в различных местах металлического проводника. Калибровочная характеристика датчика магнитного поля приведена на рис.2. Сигналы от датчиков через модуль сбора данных вводятся и сохраняются в компьютере. Имеется возможность анализировать различные параметры сигналов и определять корреляционные зависимости между ними. Сигналы можно интегрировать и дифференцировать для получения, например, производной от магнитной индукции или вибрационных перемещений из сигналов соответствующих ускорению.




(а) (б)

Рис.3. Синхронная запись величины магнитной индукции и ускорения (а) и производной по времени от магнитной индукции и вибрации (б) при прохождении импульсного тока через металлический проводник.

На рис.3 представлены примеры синхронной записи вибрационных сигналов и величины магнитной индукции или ее производной по времени.

Поскольку взаимная корреляция разнонаправленных составляющих вибрации для разных датчиков существенно выше корреляции однонаправленных составляющих и составляющих одного датчика, это подтверждает турбулентный характер магнитогидродинамических процессов в образцах [7].

Исследование статистических параметров вибрационного отклика проводников на воздействие импульсного тока показывает, что такие процессы могут быть отнесены к эргодическим [8]. Эти особенности могут быть использованы при выполнении испытаний, исследовании работы оборудования в условиях длительной эксплуатации, а также для решения задач неразрушающего контроля. Это может иметь значение для предотвращения аварийных ситуаций на мощном электрооборудовании, в частности на агрегатах гидроэнергетики [9].

## 4. Внедрение и его перспективы

Разработанный стенд успешно внедрен в ИМАШ РАН. Планируется использование в разрабатываемых системах неразрушающего контроля мощного электрооборудования.

## 5. Список литературы


[1]. Martin H. T. and Martin M. L. LabVIEW for Telecom, Semiconductor, Automotive, Sound and Vibration and General Test and Measurement (National Instruments virtual instrumentation series) Prentice Hall – 2000 - 272 p.

[2]. Федосов В. П. Цифровая обработка звуковых и вибросигналов в LabView. Справочник функций системы NI Sound and Vibration LabVIEW. / В.П. Федосов, - М., ДМК Пресс, - 2010 - 1296 с.

[3]. Скворцов О. Б. Контроль вибрации с применением аппаратуры National Instruments. / О. Б. Скворцов // Сборник трудов XII международной научно-практической конференции "Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments 2013. NIDays XII ежегодная конференция компании National Instruments", М.: Изд-во ДМК, 2013 – с. 78-80.

[4]. Graneau P. Ampere-Neumann electrodynamics of metals. Hadronic Press – 1985 - 311 p.

[5]. Sofronas A. Case histories in vibration analysis and metal fatigue for the practicing Engineer. / A. Sofronas - John Wiley & Sons, Inc. - 2012 - 295 p.

[6]. Nový F., Bokůvka O., Kunz L., Nicoletto G. Ultra long fatigue life of structural materials. http://das.tuwien.ac.at/fileadmin/mediapool-das/Diverse/Publications/BoA_Siofok/files/p031.pdf. Sept. 29 - 2011 - 2 p.

[7]. Skal A. S. The full Lorentz force formula reposible for turbulence in solids and fluids and explained Faraday's paradox. International Journal of Scientific & Engineering Research, Volume 4, Issue 2, February – 2013 - 10 p.
[8]. Pravotorova E.A., and Skvortsov O.B. Modelling of vibration tests of winding elements of power electric equipment. Journal of machinery manufactore and reliability, v.44, № 5 – 2015 - p.479-484.
[9]. Skvorcov O. Development of Vibrating Monitoring for Hydro Power Turbines under Operating Condition.. Journal of Mechanics Engineering and Automation, vol. 4, № 11 – 2014 - p. 878-886.

## MONITORING A MAGNETIC FIELD USING LABVIEW

O. B. Skvortsov[1,2]

1. *"Scientific and Technical Center"Zavod Balansirovochnykh mashin" Limited Leability Company*
2. *Mechanical Engineering Research Institute of the Russian Academy of Sciences*

*A system of simultaneous vibration monitoring processes and the intrinsic magnetic field of a conductor through which a current pulse. Measurements under strong electrical interference allows you to explore the processes of deformation of the conductor with a current in its own magnetic field. In operation and vibration measurements of the magnetic fields performed using 3D sensors.*

*Keywords: vibration monitoring, monitoring of the magnetic field, pinch effect, skin effect*

# ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТЕЙ WI-FI В ДИАПАЗОНЕ 2,4 ГГЦ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНОГО ЧАСТОТНОГО ПЛАНА

А.В. Гусев, А.В. Качнов, Р.А. Андреев, А.И. Богданов, С.В. Бачевский

*ООО «Гиперион», г. Санкт-Петербург*

*В статье рассматриваются пути увеличения пропускной способности промышленных Wi-Fi сетей за счет использования каналов с непересекающимися спектрами.*

*Ключевые слова: IEEE 802.11, Wi-Fi, частотный план, непересекающиеся радиоканалы, пропускная способность*

## 1. Постановка задачи

Стандарт IEEE 802.11 предусматривает работу устройств в нескольких диапазонах частот - 2,4 и 5 ГГц, самым распространенным для работы устройств является 2,4 ГГц. В разных странах для каждого диапазона выделены различные наборы доступных радиоканалов. Например, для большинства стран Европы в диапазоне 2,4 ГГц доступно 13 радиоканалов с перекрывающимися спектрами, для Японии — 14, а для США — 11. Такие различия обусловлены исторически сложившимися правилами выделения и использования радиочастотного ресурса [1].

В наиболее распространённом диапазоне 2,4 ГГц работают сети стандартов 802.11b/g/n. В стандарте 802.11b ширина радиоканала составляет 22 МГц, а в стандартах 802.11g и 802.11n –20 МГц [2,3]. Соответственно действительно непересекающимися радиоканалами можно считать только те, чьи центральные частоты сдвинуты относительно друг друга на 20 МГц и более. Центральные частоты 14 фиксированных радиоканалов Wi-Fi в диапазоне 2,4 ГГц показаны на рис. 1

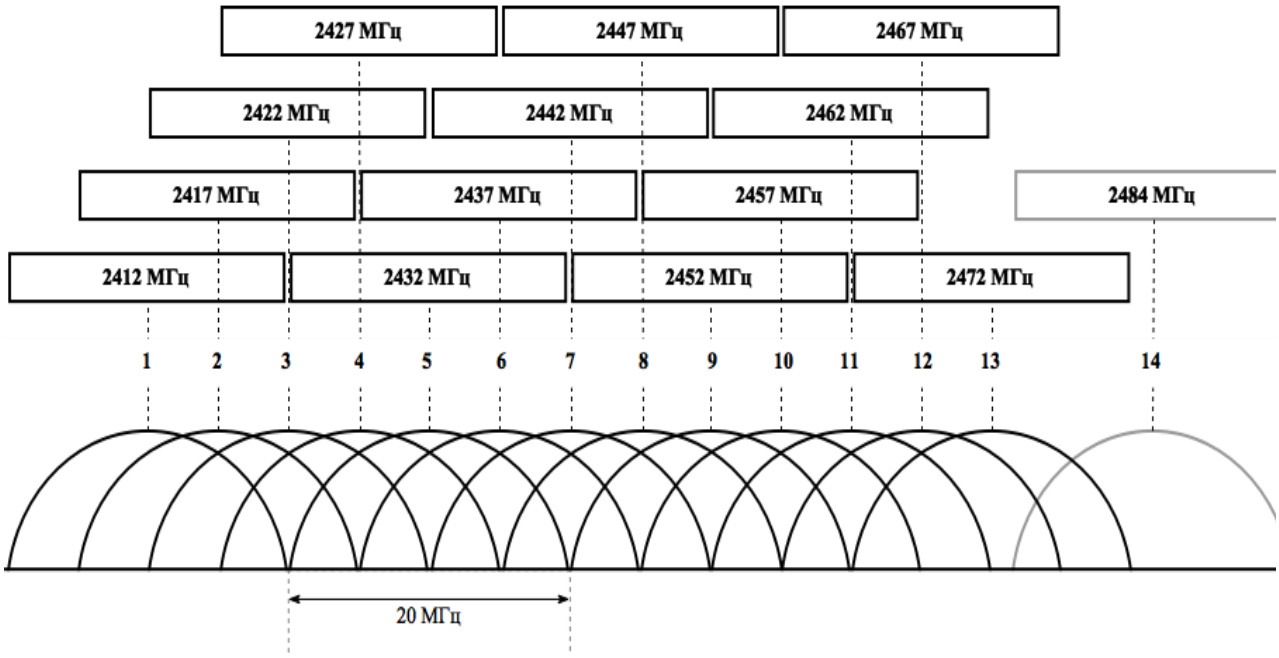



Рис. 1. Частотный план сетей Wi-Fi в диапазоне 2,4 ГГц.

В соответствии со стандартом центральные частоты соседних каналов в диапазоне 2,4 ГГц сдвинуты друг относительно друга на 5 МГц, что приводит к их значительному перекрытию [4,5].

Использование пересекающихся радиоканалов неизбежно приводит к тому, что возникает интерференция сигналов на физическом уровне, что в конечном счете существенно сказывается на пропускной способности каждого радиоканала в отдельности [6].

Как было сказано в начале, для стран Европы и для России в частности, возможно использование с 1 по 13 канал в диапазоне 2,4 ГГц – следовательно непересекающимися каналами могут быть 1, 5, 9 и 13. Для США, где доступны всего первые 11 каналов в данном диапазоне – оптимальным будет следующий выбор непересекающихся каналов – 1, 6 и 11. Из соображений повышения пропускной способности, при проектировании сетей Wi-Fi для точек доступа необходимо использовать только непересекающиеся каналы. Такой подход позволяет избежать проблем с интерференцией на физическом уровне, а также использовать различные домены для состязаний на MAC-уровне.

В диапазоне 5 ГГц изначально предусмотрено расположение радиоканалов со сдвигом центральных частот относительно друг друга на 20 МГц, из чего следует, что все каналы в данном диапазоне являются непересекающимися. Поэтому проблем со снижением пропускной способностью соседних каналов, как в диапазоне 2,4 ГГц, нет. Кроме того, с внедрением оборудования стандарта IEEE 802.11n пользователи получили возможность работы с каналами шириной как 20 МГц, так и 40 МГц, что увеличивает пропускную способность. Размещение непересекающихся радиоканалов в диапазонах 2,4 ГГц при ширине полос в 20 МГц (стандарты 802.11g и 802.11n) и радиоканалов с полосой в 40 МГц в сетях 802.11n при использовании технологии объединения радиоканалов показано на рис. 2.

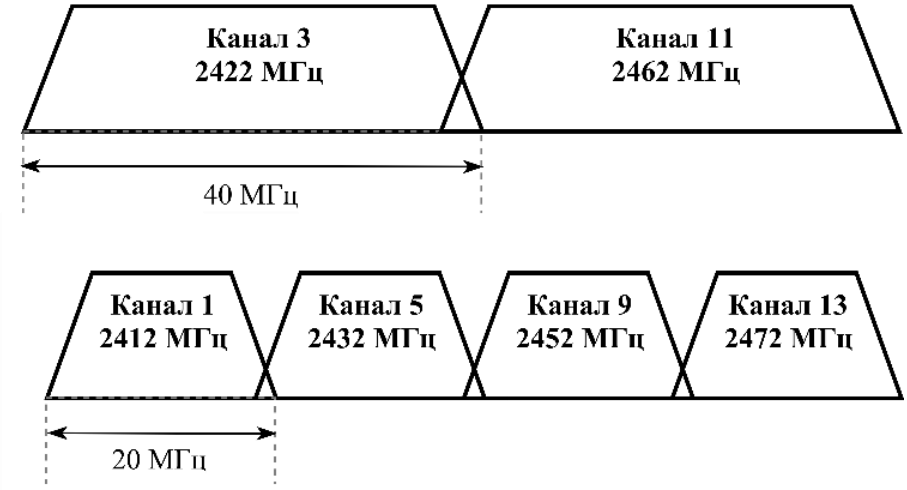
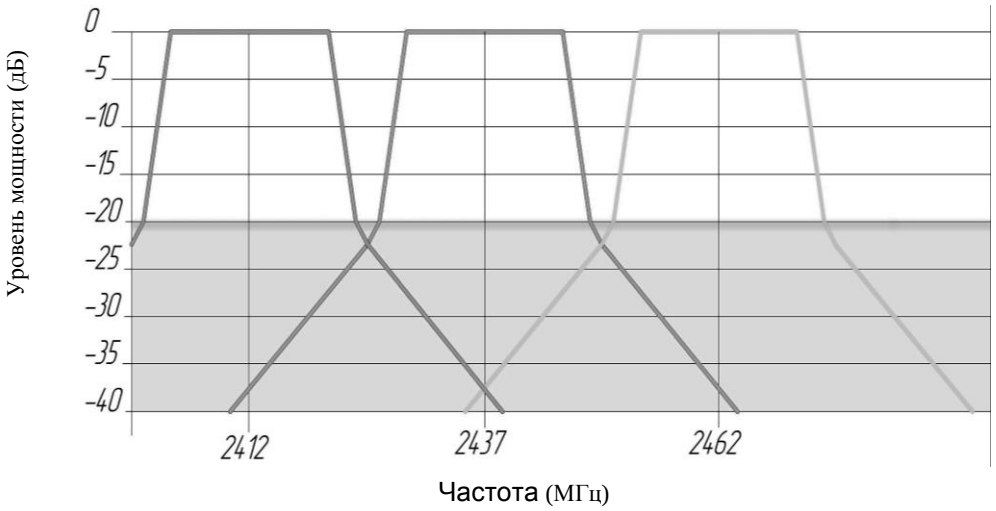



Рис. 2. Размещение непересекающихся радиоканалов в сетях Wi-Fi 802.11g/n в диапазоне 2,4 ГГц

При использовании каналов 20 МГц диапазон 2,4 ГГц в России теоретически позволяет вместить 4 непересекающихся канала: 1, 5, 9 и 13, а при использовании каналов шириной 40 МГц — всего 2 (см. рис. 2).

В США, в связи с возможностью задействовать только первые одиннадцать каналов, сети Wi-Fi строятся на трех непересекающихся каналах. В мировой практике принято использовать трехканальный частотный план построения сети, по аналогии с сетями Wi-Fi в США.




При использовании 1, 6 и 11 каналов, сдвиг центральных частот каналов относительно друг от друга равен 25 МГц (см. рис. 3). Это полностью исключает проблемы электромагнитной совместимости оборудования, но не рационально задействует частотный диапазон Wi-Fi.

Рис. 3. Спектральная маска 1, 6 и 11 радиоканалов Wi-Fi в диапазоне 2,4 ГГц

При построении сети на 1, 5, 9 и 13 каналах, сдвиг центральных частот относительно друг друга сократится до 20 МГц (см. рис. 4). Такая схема использования частотного диапазона, в теории подразумевает появление взаимных влияний оборудования работающего на соседних каналах, следовательно и снижение пропускной способности каждого канала по отдельности. Однако, общая пропускная способность четырехканального частотного плана теоретически будет существенно выше трехканального.

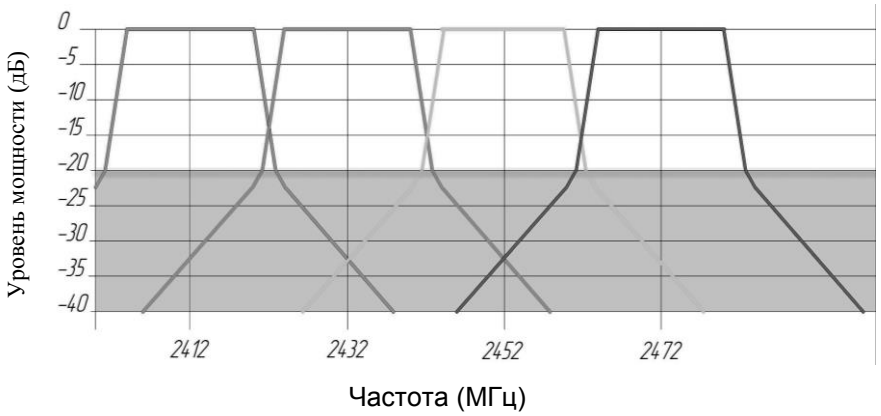



Рис. 4. Спектральная маска 1, 5, 9 и 13 радиоканалов Wi-Fi в диапазоне 2,4 ГГц

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

С помощью модульного комплекса измерительного оборудования на базе National Instruments PXI проведены исследования для оценки взаимных влияний точек доступа Wi-Fi, работающих на ближайших друг к другу непересекающихся радиоканалах при трехканальном частотном плане: 1-6-11 и при четырехканальном частотном плане: 1-5-9-13. Для измерений были задействованы точки доступа стандарта 802.11g – Cisco и точки доступа стандарта 802.11n – Ruckus.

Также, в рамках данного исследования, были проведены нагрузочные тесты для сравнения пропускной способности соседствующих радиоканалов при четырехканальном частотном плане и трехканальном частотном плане для стандартов 802.11n и 802.11g.

**3. Описание решения.**

Краткие результаты измерений представлены на рис. 5 - 10.

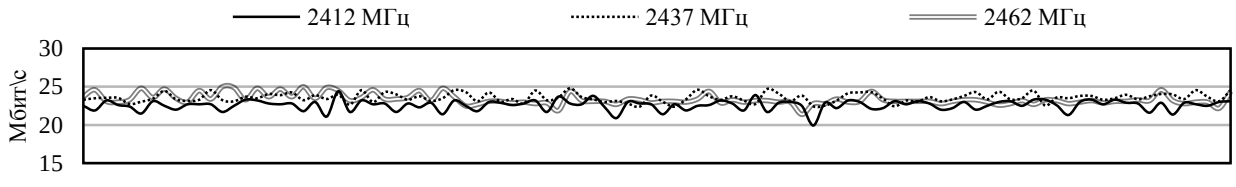



Рис. 5. Результаты измерений: каналы 1, 6, 11 (802.11g)

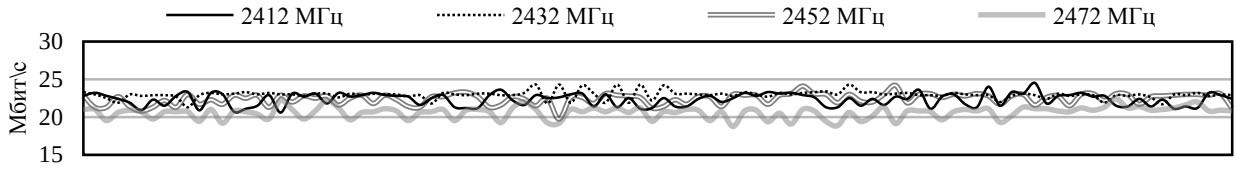



Рис. 6. Результаты измерений: каналы 1, 5, 9, 11 (802.11g)

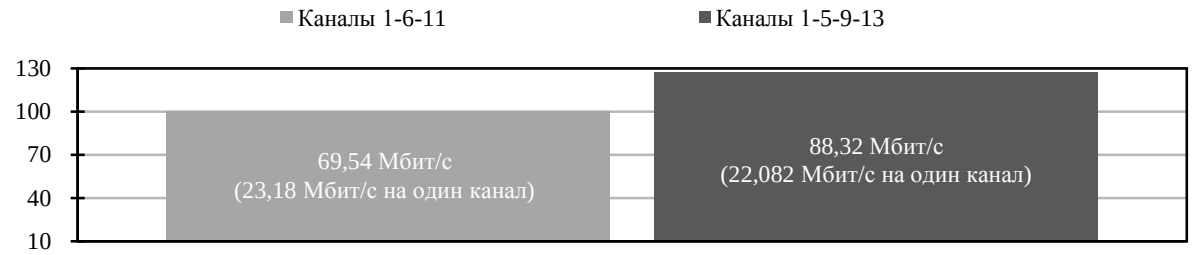



Рис. 7. Результаты измерений: средняя пропускная способность (802.11g)

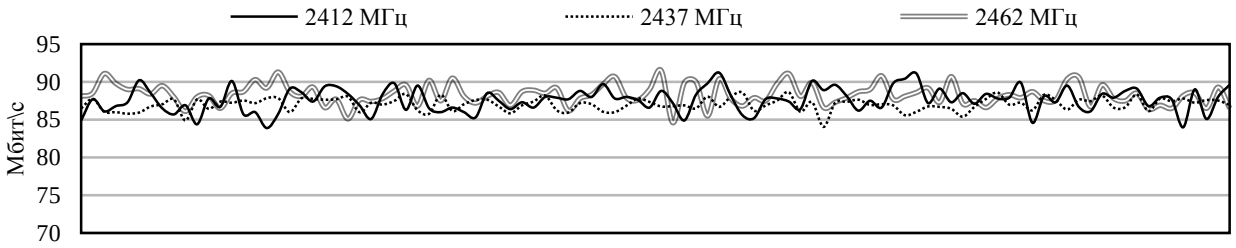



Рис.8. Результаты измерений: каналы 1, 6, 11 (802.11n)

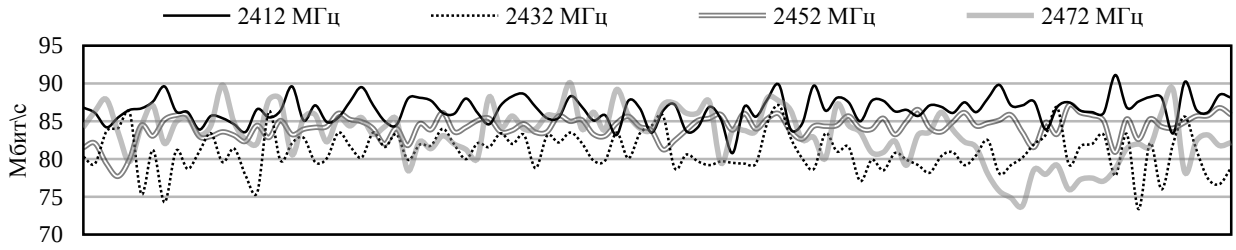



Рис. 9. Результаты измерений: каналы 1, 5, 9, 11 (802.11n)

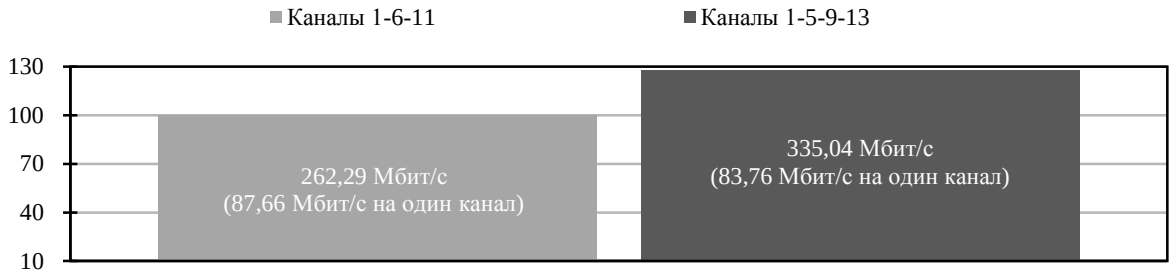



Рис. 10. Результаты измерений: средняя пропускная способность (802.11n)

Для достижения наилучших показателей необходимо свести к минимуму взаимные влияния точек доступа работающих на ближайших друг к другу непересекающихся радиоканалах: 1-5, 5-9, 9-13. Кроме пространственного разнесения точек доступа, работающих на ближайших друг к другу непересекающихся радиоканалах, также следует снизить мощность передатчика на всех точках доступа. Уменьшение мощности передатчиков уплотняет зону действия и увеличивает показатель SNR (сигнал/шум), а так же позволяет добиться симметричности покрытия Wi-Fi (см. рис. 11).




Рис 11. Симметричность (a) и ассиметричность (b) покрытия точки доступа Wi-Fi

Эффект асимметричности покрытия Wi-Fi связан с несовпадением мощности передатчиков абонентских устройств и мощности передатчиков точек доступа. Мощность передатчика Wi-Fi в зависимости от условий радиосреды и режима работы для абонентских устройств достигает значения до 60-70 мВт, для точек доступа до 100 мВт.

При оптимизации существующих и проектировании новых высокоэффективных сетей Wi-Fi следует учесть все достоинства и недостатки четырехканального частотного плана. К достоинствам относится повышенная пропускная способность, увеличенная гибкость планирования сети Wi-Fi на каналах 1, 5, 9, 13. Недостатком является существование в России абонентских устройств, не

поддерживающих работу Wi-Fi на 12 и 13 радиоканалах, из-за региональных ограничений. Такие устройства не были предназначены для продажи на территории РФ и не имеют сертификацию РОСТЕСТ.

К существенным условиям для использования частотного плана на 1, 5, 9 и 13 каналах следует отнести электромагнитную несовместимость с трехканальным частотным планом на 1, 6, и 11 каналах, при совмещении таковых на смежных территориях.

**4. Внедрение и его перспективы**

Результатом данного исследования стало подтверждение теоретического обоснованного предположения о приросте общей пропускной способности четырехканального частотного плана в сравнении с трехканальным планом построения сетей Wi-Fi. При том, что взаимных влияний между соседними каналами стало больше и пропускная способность каждого радиоканала в отдельности незначительно снизилась, общая пропускная способность четырех радиоканалов выше более чем на 27%, по сравнению с трехканальным частотным планом построения сетей Wi-Fi.

**5. Список литературы**


[1]. Пролетарский А.В., Баскаков И.В., Чирков Д.Н. Беспроводные сети Wi-Fi. Санкт-Петербург, БИНОМ. Лаборатория знаний, 2007

[2]. IEEE 802.11g-2003; Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band.

[3]. IEEE 802.11n-2009; Enhancements for Higher Throughput

[4]. Вопросы канального планирования для 802.11 WLANs в диапазоне 2,4 ГГц [Электронный ресурс] / Cisco Systems. — Электронные текстовые данные. — 2004. — Режим доступа: http://www.cisco.com/c/en/us/td/docs/wireless/technology/channel/

[5]. deployment/guide/Channel.html, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. англ.

[6]. Назад, к основам Wi-Fi - Канальное планирование 2,4 ГГц [Электронный ресурс] / Aerohive Networks. — Электронные текстовые данные. — 2012. — Режим доступа: http://blogs.aerohive.com/blog/the-wireless-lan-training-blog/wifi-back-to-basics-24-ghz-channel-planning, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. англ.

[7]. Проблема перекрытия каналов [Электронный ресурс] / Электронные текстовые данные. — 2012. — Режим доступа: https://community.ja.net/library/advisory-services/overlapping-channel-problem, свободный. — Загл. с экрана. — Яз. англ.


**INCREASING CAPACITY NETWORKS WI-FI in the 2.4 GHz with four-channel plan**


R.A. Andreev, A.V. Goosev, A.V. Kachnov, S.V. Bachevskiy, A.I.Bogdanov

*LLC Giperion, Saint-Petersburg, Russia*



*This article discusses ways to increase the capacity of industrial Wi-Fi networks through the use of channels with non-overlapping spectra..*



*Keywords: IEEE 802.11, Wi-Fi, frequency plan, non-overlapping radio channels, bandwidth*

# ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭМУЛЯЦИИ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ПЗС МАТРИЦЫ

Н.Д. Кравченко, П.В. Некрасов

*АО «ЭНПО «СПЭЛС», г. Москва*

*В статье рассматривается программно-аппаратный комплекс для тестирования сигнального процессора для ПЗС матриц*

*Ключевые слова: PXI-7841R, ПЗС сигнальный процессор, ПЗС-матрица*

## 1. **Постановка задачи**

В современных оптических приборах для получения изображений активно применяются ПЗС-матрицы. Выходной каскад ПЗС-матрицы последовательно превращает накопленный заряд каждого чувствительного элемента в напряжение с помощью ёмкостного датчика. В начальный момент времени после импульса сброса емкостного датчика (reset feedthrough glitch) выходное напряжение матрицы равно опорному(reference level). Количество поглощённого света измеряется как разность между опорным уровнем и величиной напряжения данных (data level). Форма выходного сигнала представлена рисунке 1. Для того чтобы восстановить и оцифровать сигнал с ПЗС требуются несколько операций, а именно: двойная коррелированная выборка, усиление, аналого-цифровое преобразование. Обычно для этого применяется цифровой процессор для ПЗС-матриц (ЦППЗС). Целью статьи являлось создания программно-аппаратного комплекса, позволяющего производить функциональное тестирование ЦППЗС, эмулируя выходной сигнал ПЗС-матрицы, и контроль его основных параметров, в том числе точностных.




Рис. 1 Форма выходного сигнала ПЗС-матрицы

## 2. Описание решения

В качестве сигнального процессора использовалась микросхема AD9943KCP (ф. Analog Devices)[1].

Питания для микросхемы задавались с помощью источника питания NI PXI-4110. Для управления процессором использовался модуль реконфигурируемого ввода/вывода PXI-7841R[2]. Для эмуляции аналогового сигнала с ПЗС-матрицы использовался инвертор на NMOS – логике, на который в качестве опорного напряжения подавался сигнал с аналогового вывода платы PXI-7841R. Это позволяло подстраивать величину напряжения полезного сигнала на входе процессора.

Структурная схема приведена на рис. 2.

## 3. Программная часть

Для управления системой использовалось ПО NI LabVIEW 2010. Управляющая программа представляла собой виртуальный прибор, позволяющий обеспечивать тактирование процессора с заданной частотой, подавать аналоговый сигнал с виртуальной ПЗС-матрицы и считывать оцифрованные значения. В процессе тестирования измерялись токи потребления микросхемы и её выходные логические уровни напряжения. По результатам было определено, что они полностью соответствуют параметрам, заявленным производителем. Параметры приведены в таблице 1.

| Динамический ток потребления | | | Ток потребление в режиме PWD | | | Uol, В | Uoh, В |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Iavdd, мА | Idvdd, мА | Idrvdd, мА | Iavdd, мА | Idvdd, мА | Idrvdd, мА | | |
| 19,80 | 2,06 | 0,04 | 0,53 | 0,25 | 2,00 | 0,11 | 2,54 |

Таблица 1 Измеренные электрические параметры микросхемы

Для оценки точностных параметров входящего в состав ЦППЗС АЦП, программа позволяла снимать передаточную характеристику микросхемы и рассчитывать её интегральную и дифференциальную нелинейности, графики приведены на рисунке 3 и 4.

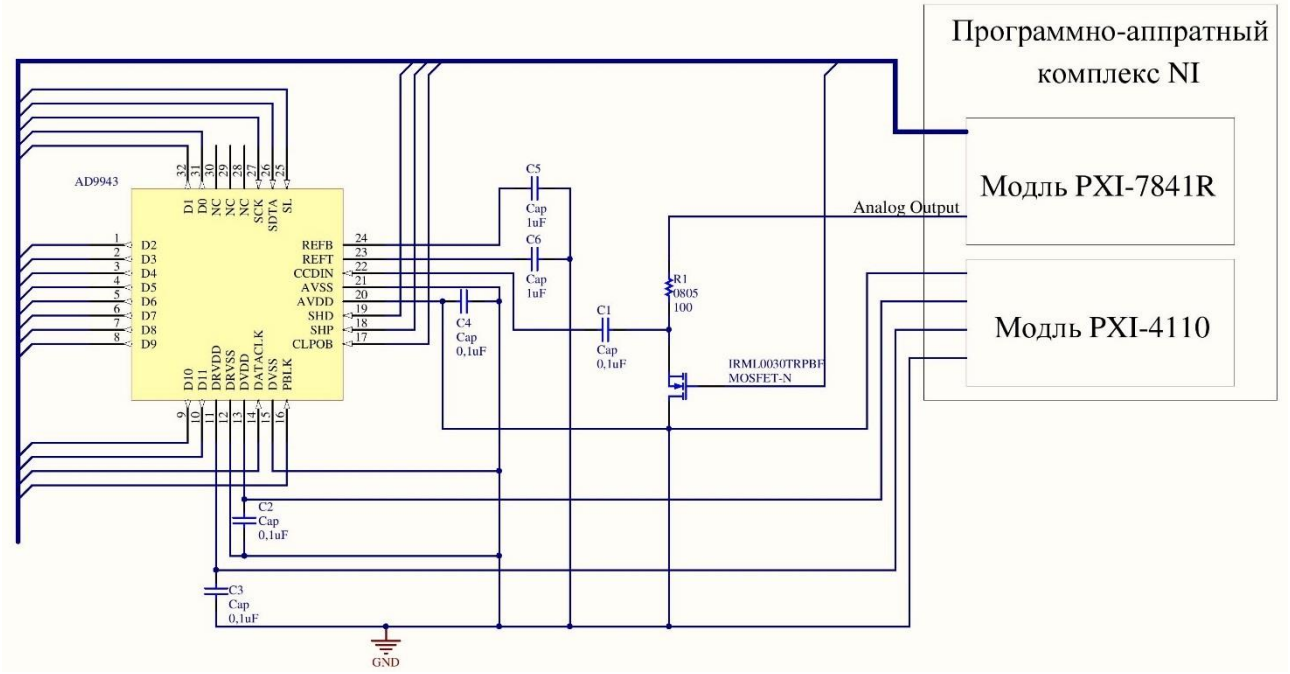



Рис. 2. Структурная схема включения.

Для проверки функционирования микросхемы и визуального контроля работоспособности была реализована возможность преобразования выбранного изображения в сигнал с ПЗС-матрицы и последующая оцифровка с помощью AD9943KCP. Данное преобразование производилось по следующему алгоритму:

1) файл в формате bmp разбивался на 3 цветовых массива(RGB) по 8 бит;
2) каждый элемент массива преобразовывался в аналоговый сигнал с виртуальной ПЗС-матрицы с помощью ЦАП модуля PXI-7841R;
3) аналоговый сигнал преобразовывался с помощью сигнального процессора в цифровой и считывался модулем PXI-7841R;
4) все оцифрованные значения сохранялись в массивы, из которых по окончании передачи создавалось итоговое изображение в формате bmp.

Результат преобразования приведён на рисунке 5.




Рис.3 График интегральной нелинейности




Рис.4 График дифференциальной нелинейности



Рис.5 Исходный рисунок (слева) и прошедший преобразование (справа)

## 4. Заключение

Таким образом, стенд для тестирования ПЗС сигнальных процессоров апробирован и показал свою эффективность, в дальнейшем его можно использовать для тестирования подобных ЦППЗС. Помимо основного применения разработанная оснастка с исследуемым ЦППЗС и программное обеспечение может быть использовано для испытаний ПЗС-матриц с амплитудой выходного сигнала не более одного вольта.

## 5. Список литературы


[1]. http://www.analog.com/media/en/technical-documentation/data-sheets/AD9943_9944.pdf - справочные данные по микросхеме AD9943

[2]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments


### OBTAINING IMAGE BY EMULATION OUTPUT SIGNAL OF CCD MATRIX


N.D. Kravchenko, P.V. Nekrasov

*ENPO SPELS, Moscow, Russia*



*The article discusses the creation hardware and software complex for testing ccd signal processor*



*Keywords: PXI-7841R, CCD signal processor, CCD*

# ПРИМЕНЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ «PXI» ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ ВЫХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДАТЧИКА ХОЛЛА SS495A

М.Е. Коротеев[1,2], А.В. Демидова[1,2]

*1. АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва; 2.ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, г. Москва,*

*В статье рассматривается процесс создания оборудования «PXI» фирмы National Instruments для получения прецизионной выходной характеристики, контроля параметров и функционирования датчика Холла SS495A, широко применяемого при измерении параметров магнитного поля. Приведено описание измерительного комплекса, указаны его основные блоки. Приведены описания программного обеспечения и пример отчёта.*

*Ключевые слова: PXI-4110, PXI-4130, PXI-4065, датчик Холла.*

## Постановка задачи

Датчики и преобразователи магнитного поля используются в различных электронных устройствах. Точность измерения зависит как от вида датчика, так и от средств задания физического воздействия. Возрастает эффективность самих датчиков, улучшаются их характеристики. На сегодняшний день датчики Холла занимают более 70% рынка датчиков магнитного поля.

Работа посвящена применению оборудования «PXI» фирмы National Instruments для высокоточного выставления параметров магнитного поля и одновременного снятия показаний датчика, что позволяет обеспечить хорошую повторяемость выставления физических величин, контроля параметров датчика и построения максимально линейной передаточной характеристики.

## Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012. Для реализации системы была использована платформа NI PXI с блоками программируемого источника питания PXI-4110 и цифрового мультиметра PXI-4065. Однако во время работы программы было необходимо вручную изменять полярность катушки, меняя местами выводы катушки на источнике питания. Это привело к добавлению высокоточного источника питания PXI-4130, благодаря которому можно изменять полярность программным способом. Это привело к тому, что в освободившееся время можно снять больше показаний, вследствие чего увеличивается точность передаточной характеристики датчика.

## . Описание решения

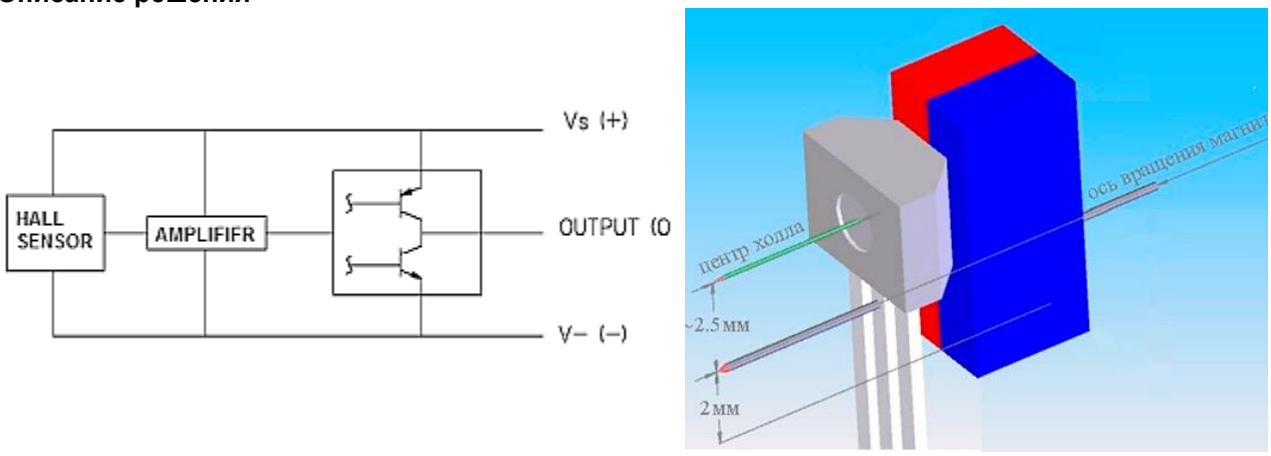



Рис. 1. Структурная схема датчика SS495A и расположение чувствительного элемента

Работа датчика строится на эффекте Холла (возникают разноименные заряды на противоположных гранях металлической пластины из-за искривления траектории электронов, вызываемого магнитным полем). Выходное напряжение микросхемы зависит от силы приложенного магнитного поля. Структурная схема изображена на рисунке 1.

Схема включения датчика показана на рисунке 2.

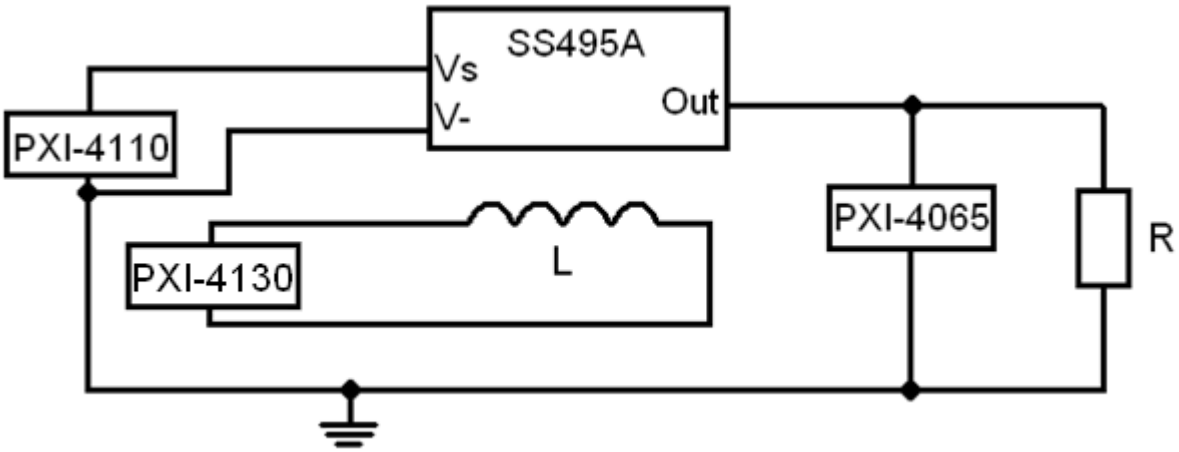



Рис. 2. Схема включения датчика датчика Холла SS495A при испытаниях.

Задание магнитного поля для датчика производится с помощью индукционной катушки с сердечником L, параметры поля заградуированы магнитометром с напряжением, поданным на контакты катушки. Исследуемый образец размещается непосредственно над катушкой L, управление питанием которой осуществляется источником PXI-4130. В это время снимается передаточная характеристика датчика при помощи цифрового мультиметра PXI-4065, включенного в режиме измерения напряжения.
Вид блок-диаграммы программы представлен на рисунке 3.

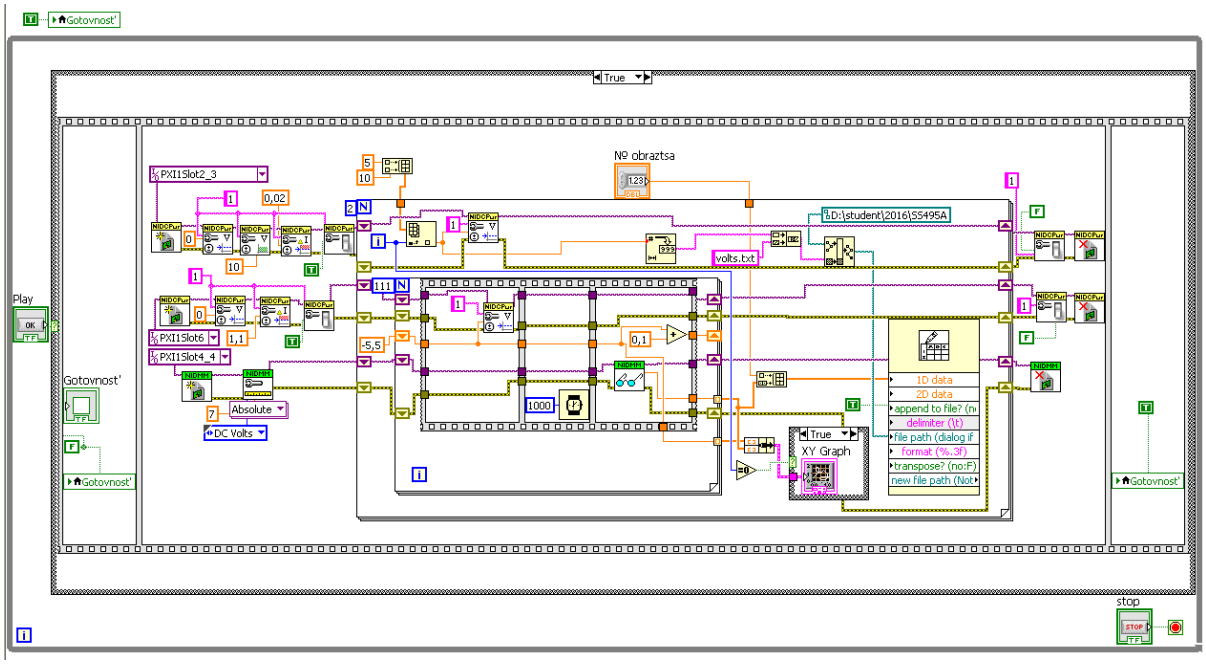
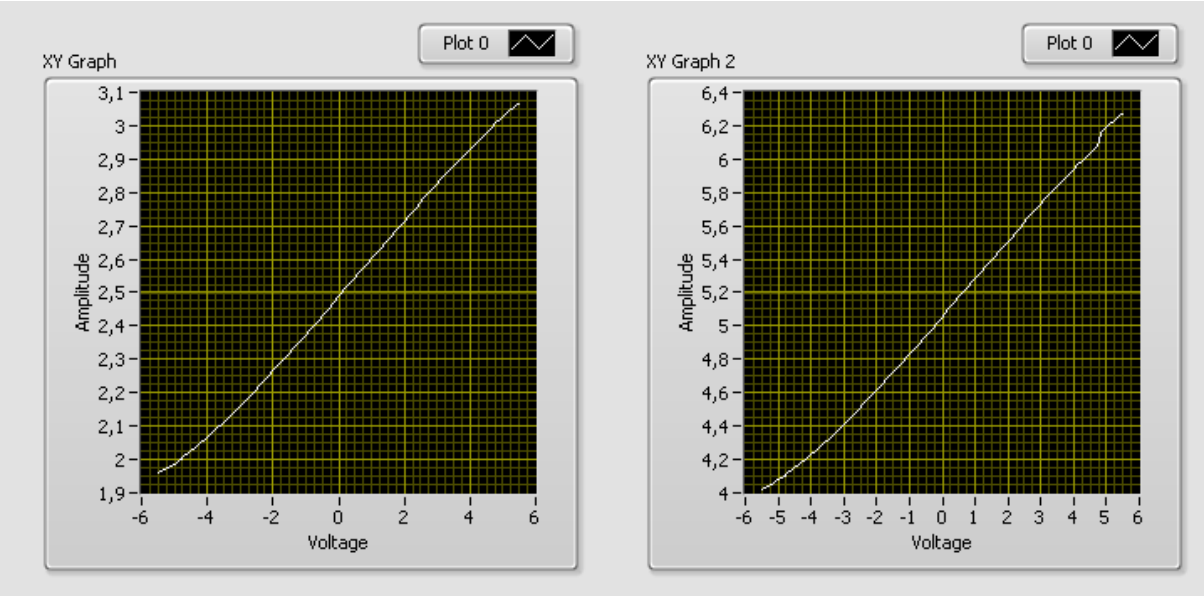



Рис. 3. Вид блок-диаграммы программы задания магнитного поля и получения данных с датчика Холла SS495A.

По окончании работы система выдает оператору отчет о работе датчика в виде зависимости уровня выходного сигнала схемы от напряжения на индукционной катушке (рис. 4).




а) б)

Рис. 4. Пример отчета. Зависимость уровня выходного сигнала схемы от напряжения на индукционной катушке.

**Внедрение и его перспективы**

С использованием оборудования «PXI» фирмы National Instruments получена хорошая повторяемость выставления физических величин, осуществлен контроль параметров датчика. Полученная линейная градуировочная характеристика магнитного поля. Созданная система может использоваться для исследований и калибровки всех магнитных датчиков подходящего диапазона. Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 14-29-09131.

**Список литературы**

[1]. http://www.digikey.com/en/articles/techzone/2015/sep/magnetic-sensors-growing-in-use-shrinking-in-size

[2]. http://www.honeywellscportal.com/honeywell-sensing-ss490-series-solidstate-product-sheet-005843-1-en.pdf?name=SS495A-S – Документация на датчик

[3]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

**“PXI” EQUIPMENT APPLICATION FOR GETTING PRECISION OUTPUT CHARACTERISTICS AND FUNCTIONAL CONTROL OF HALL IC SS495A**

M.E. Koroteev[1,2], A.V. Demidova[1,2]

*1. JSC “SPELS”, Moscow, Russia*

*2. IEAE NRNU MEPHI, Moscow, Russia*

*The article discusses the creation of automated getting precision output characteristics and functional control of Hall IC SS495A, applied widely for measurement of magnetic field parameters. Describes the process of application PXI modules of National Instruments corporation. Refer deployed object diagram studies indicated its basic building blocks. Describes the testing process, the descriptions of the sample report.*

*Keywords: PXI-4110, PXI-4130, PXI-4065, Hall sensor.*

# ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ NI ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ПОКАЗАНИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ

В.С. Темкина, А.В. Медведев, А.С. Мязин

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург*

*В статье рассматривается метод повышения точности волоконно-оптического датчика напряженности электрического поля за счет компенсации температурной зависимости чувствительного элемента. Для решения данной задачи используются модульные приборы NI PXI, обработка полученных сигналов осуществляется в среде программирования LabVIEW. Приведена схема датчика, а также основные результаты исследования.*

*Ключевые слова: волоконно-оптический датчик, волоконно-оптическая решетка Брэгга, измерение электрического поля, температурная компенсация*

## 1. Постановка задачи

Развитие современной энергетики требует измерения больших напряжений и токов с высокой точностью. В связи с этим большой интерес проявляется к созданию бесконтактных оптических измерительных трансформаторов токов и напряжений. В лаборатории волоконной оптики кафедры «Радиофизика» СПбПУ был изготовлен макет датчика электрического поля с чувствительным элементом, работающим на эффекте Поккельса, возникающем в кристалле ниобата лития ($LiNbO_3$), в котором создан оптический волновод. Известно, что оптоэлектронные преобразователи напряженности электрического поля могут быть построены на различных кристаллах, отличающихся своими характеристиками [1]. Большой интерес представляют монокристаллы силиката висмута (BSO) с химической формулой $Bi_{12}SiO_{20}$, поскольку они обладают слабой температурной зависимостью эффекта Поккельса [2]. Но, так как ниобат лития является наиболее популярным материалом и технологические возможности многих компаний рассчитаны на его применение, то задача температурной компенсации датчика на основе $LiNbO_3$ является актуальной.

Доклад посвящен компенсации температурной зависимости чувствительного элемента датчика электрического поля с использованием технологий National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для реализации системы была использована платформа NI PXIe-1062Q с контроллером NI PXIe-8840, генератор сигналов NI PXI-5406, блок оцифровки NI PXIe-5160 и оптический интеррогатор NI PXIe-4844. Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW.

## 3. Описание решения

Структурная схема макета датчика, выполненного на основе поляризационного волоконно-оптического интерферометра, представлена на рисунке 1.

В макете используется дополнительная фазовая модуляция пилообразным сигналом и цифровое детектирование фазы. Напряжение дополнительной модуляции с выхода генератора NI PXI-5406 подается на электрооптический модулятор (ЭОМ). Напряжение с выхода фотоприёмного устройства (ФПУ) поступает на вход блока оцифровки NI PXIe-5160, с которого передается на контроллер NI PXIe-8840 для обработки в программе. Программа формирования и обработки сигналов написана в среде программирования NI LabVIEW. Измерения параметров макета проводились в поле, создаваемом двумя плоско параллельными пластинами, к которым подводилось гармоническое напряжение частотой 50 Гц и амплитудой 1000 В. Напряжение на пластинах контролировалось при помощи прецизионного высоковольтного делителя 1:100, напряжение с выхода которого подавалось на второй вход блока оцифровки. Напряженность электрического поля регулировалась за счет изменения расстояния между пластинами. Для исследования температурных зависимостей показаний датчика в объем, в котором были расположены пластины, был помещен нагреватель, а рядом с чувствительным элементом – волоконно-оптический датчик температуры, выполненный на основе решетки Брэгга. Оптическое излучение, отраженное от решетки, поступало на интеррогатор NI PXIe-4844.

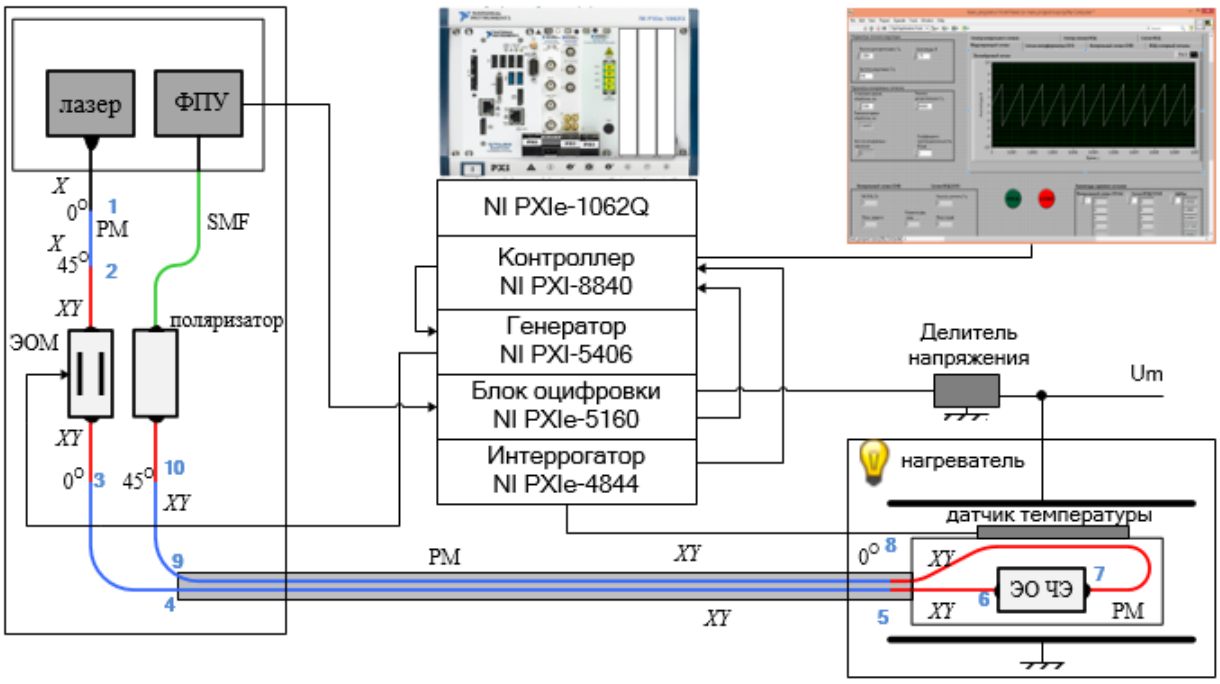



Рис. 1. Структурная схема макета волоконно-оптического датчика электрического поля.
На рисунке 1 представлены: одночастотный высоко когерентный DFB лазер Anritsu GB5A016 с рабочей длиной волны 1550 нм и линейной поляризацией выходного излучения; электрооптический модулятор и чувствительный элемент, работающие на эффекте Поккельса; поляризатор; фотоприёмное устройство; блок обработки сигналов.

В ходе предварительных испытаний была получена зависимость нормированного коэффициента преобразования датчика поля от температуры чувствительного элемента, которая представлена на рис. 2. Анализ данного графика показал, что присутствуют две составляющие в изменении коэффициента преобразования: осциллирующая с периодом около четверти градуса и медленно спадающая во всем диапазоне измерений. Прямая, полученная в результате усреднения при помощи программного пакета MatLAB осциллирующей составляющей, проведена на рис. 2 пунктиром.

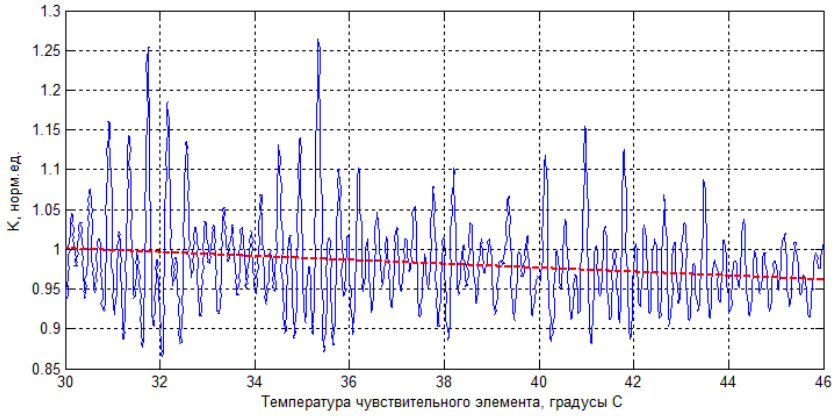



Рис. 2. Температурная зависимость чувствительного элемента датчика.

Известно, что ниобат лития обладает сильной температурной зависимостью электрооптического коэффициента [3]. Поэтому было сделано предположение, что медленно меняющаяся составляющая, вызвана изменением температуры самого чувствительного элемента. Её можно компенсировать путем регистрации температуры датчика и включении в программу обработки блока, изменяющего коэффициент преобразования датчика в зависимости от значения температуры. Так как в литературных источниках указывается, что эта зависимость линейная [3], то можно использовать

линейную аппроксимацию. Для этого с помощью программы NI OSI Explorer была осуществлена калибровка данных, полученных интеррогатором, по абсолютной температуре. Затем к основной программе обработки сигнала датчика в LabVIEW была добавлена часть, написанная на базе палитры Optical Measurements и отвечающая за подстановку в программу обработки необходимого коэффициента преобразования в зависимости от температуры. Эксперименты по нагреву и охлаждению чувствительного элемента, проведенные с использованием модернизированной версии программы обработки, продемонстрировали возможность компенсации линейной компоненты температурной зависимости. Результирующий график представлен на рис.3.

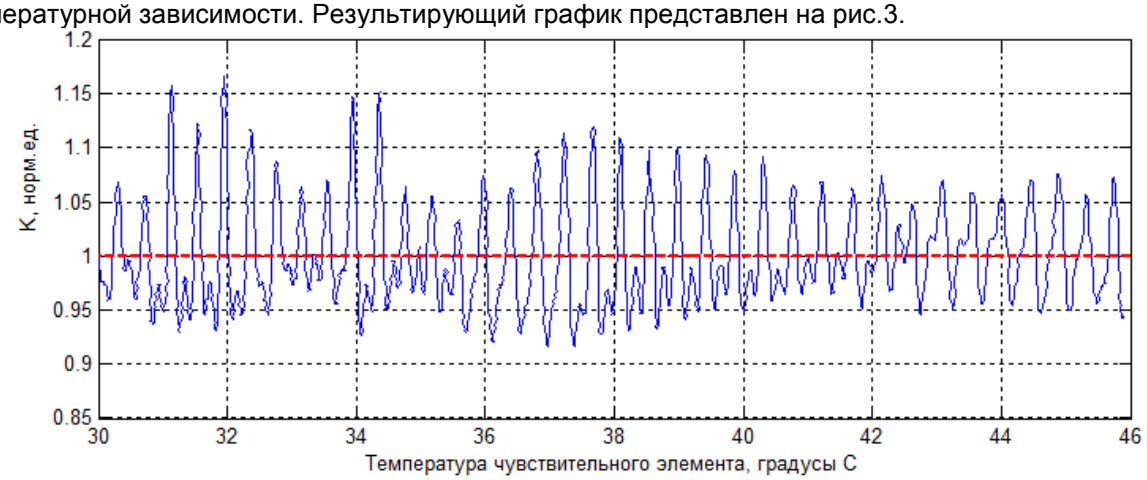



Рис. 3. Компенсация температурной зависимости чувствительного элемента датчика.

Таким образом, используя температурную коррекцию по линейному закону, можно компенсировать влияние температуры на коэффициент преобразования датчика примерно на 4% в диапазоне температур $16^0$C.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная на основе технологий компании National Instruments система обработки и демодуляции интерферометрических сигналов успешно используется в лаборатории волоконной оптики для исследования характеристик волоконно-оптического интерферометрического датчика напряженности электрического поля. В дальнейшем планируется проведение исследований с целью устранения осциллирующей составляющей в температурной зависимости чувствительного элемента датчика.

**5. Список литературы**


[1]. Г.П. Катыс, Н.В. Кравцов, Л.Е. Чирков, С.М. Коновалов. Модуляция и отклонение оптического излучения. - М. Изд-во: Наука, 1967 г.

[2]. В.А. Григорьев. Измерительные преобразователи поляриметрического типа. – Изд-во С.-Петербургского университета, 1999 г.

[3]. R. S. Weis and T. K. Gaylord. Lithium Niobate: Summary of Physical Properties and Crystal Structure, Appl. Phys. A 37, 191-203 (1985).


**APPLICATION OF THE NI TECHNOLOGIES FOR FIBER OPTIC ELECTRIC FIELD SENSOR TEMPERATURE COMPENSATION**


V.S. Temkina, A.V. Medvedev, A.S. Miazin

*Peter the Great St.Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia*



*The article discusses the method of increasing of the accuracy of the fiber optic electric field sensor using sensitive element temperature dependence compensation. The experimental system was realized on the NI PXI modules. Signal processing was performed in LabVIEW programming environment. The sensor circuit and the main results of the research are presented.*



*Keywords: fiber-optic sensor, fiber Bragg grating, electric field measuring, temperature compensation.*

# РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ОСНОВНОГО ТОНА РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В СРЕДЕ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ LABVIEW

А.К. Алимурадов, А.Ю. Тычков, П.П. Чураков

*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза*

*В статье рассматривается процесс создания виртуального прибора (ВП), реализующего алгоритм измерения частоты основного тона (ЧОТ) на основе метода кодирования с линейным предсказанием в среде графического программирования LabVIEW фирмы National Instruments. Представлена блок-схема алгоритма, блок-диаграмма и лицевая панель ВП, реализующего алгоритм измерения ЧОТ.*

*Ключевые слова: обработка речевых сигналов, частота основного тона, Linear Predictive Coding*

## 1. Постановка задачи

Речевой сигнал представляет собой нестационарный сложный акустический сигнал, образуемый артикуляционным отделом речевого тракта. Различают два типа речевых сигналов – вокализованные и шумовые. Принципиальное отличие состоит в том, что первые образуются из импульсов возбуждения речевого тракта, возникающих вследствие колебаний голосовых связок; во втором случае сигнал возбуждения – это шум, образующийся в местах сужения речевого тракта при прохождении через них воздушного потока. Период следования импульсов возбуждения речевого тракта называется период основного тона. При произнесении шумовых звуков основной тон отсутствует, т.к. источник сигнала непериодический.

Величина обратная периоду основного тона называет ЧОТ, которая у каждого человека индивидуальна и обусловлена особенностями геометрии речевого тракта. С акустической точки зрения ЧОТ – это первая составляющая формантных частот («гармонического сита») речевого сигнала [1].

На сегодняшний день известно большое количество алгоритмов измерения ЧОТ, которые можно классифицировать на алгоритмы измерения во временной [2], в частотной [3] и в частотно-временной областях [4]. Наиболее известным, получившим широкое практическое применение, является алгоритм измерения ЧОТ на основе метода кодирования с линейным предсказанием (Linear Predictive Coding, LPC). Метод LPC представляет собой математический аппарат, применяемый в обработке речевых сигналов на основе линейной модели прогнозирования.

Разработка алгоритма измерения ЧОТ речевых сигналов – серьезная задача, требующая использование эффективного инструмента программной реализации, каким и является среда графического программирования LabVIEW.

Работа посвящена программной реализации алгоритма измерения ЧОТ в среде LabVIEW, является развитием ранее опубликованных трудов авторов [5 - 7] и выполнена при финансовой поддержке РФФИ (заявка № 16-31-00194 мол_а).

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание ВП для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования LabVIEW 13 с использованием микрофона SVEN MK-490 и стандартного набора аппаратных средств персонального компьютера, предназначенного для решения широкого круга задач.

## 3. Описание решения

На рис. 1 представлена блок-схема алгоритма измерения ЧОТ на основе метода LPC. Суть алгоритма заключается в использовании обратной фильтрации для выделения импульсов возбуждения речевого тракта и действительного кепстра для измерения ЧОТ.

Исходный сигнал $s(n)$ сначала проходит через фильтр нижних частот (блок 1), а затем делится на сегменты $x(n)$ с помощью оконного преобразования $w(n)$. Для каждого сегмента $x(n)$ исходного сигнала определяются коэффициенты всеполюсной модели речевого тракта с помощью метода LPC (блок 2). Полученные коэффициенты используют в фильтрации сегментов $x(n)$ (блок 3). Результирующий остаточный сигнал $e(n)$ проходит через блок, вычисляющий действительный кепстр сегмента (блок 4). Далее определяются пики действительного кепстра и измеряется ЧОТ (блок 5).

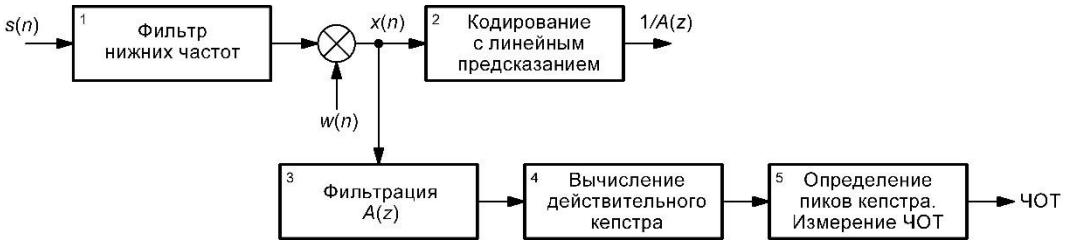



Рис. 1. Блок-схема алгоритма измерения ЧОТ на основе метода LPC

На рис. 2 и 3 представлены блок-диаграмма и лицевая панель ВП, реализующего алгоритм измерения ЧОТ на основе метода LPC в среде графического программирования LabVIEW 13.

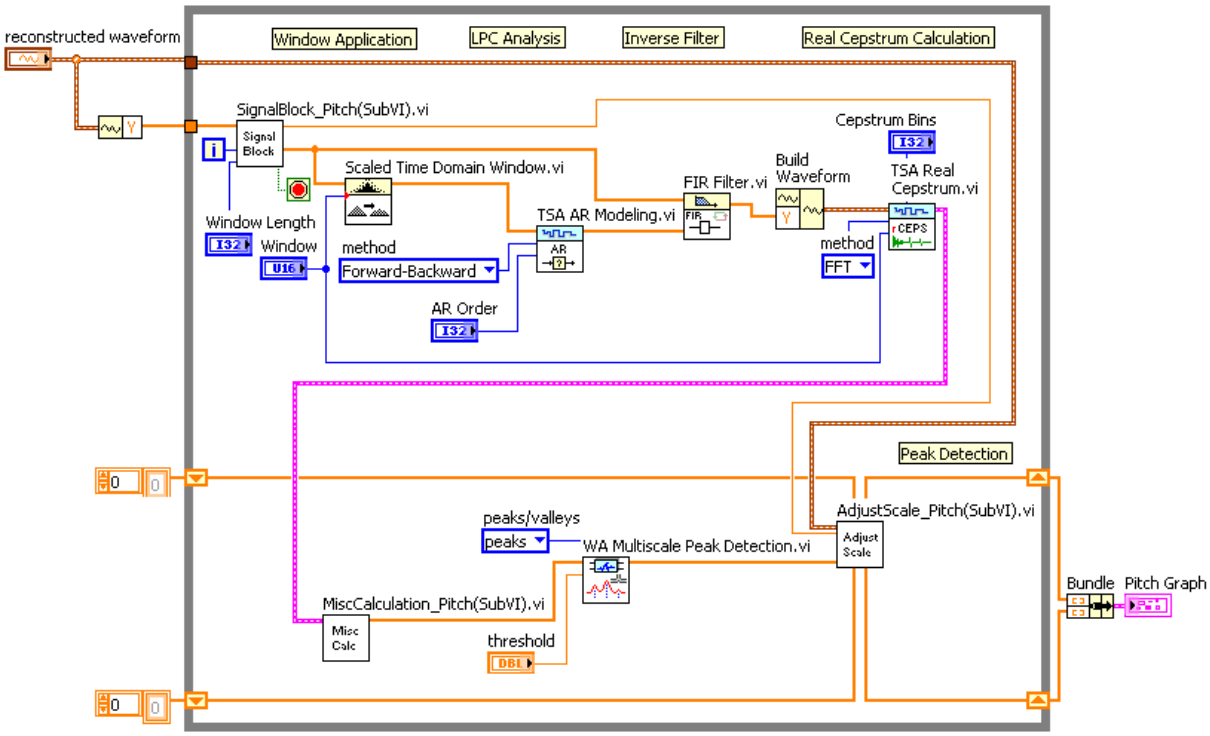



Рис. 2. Блок-диаграмма ВП, реализующего алгоритм измерения ЧОТ на основе метода LPC

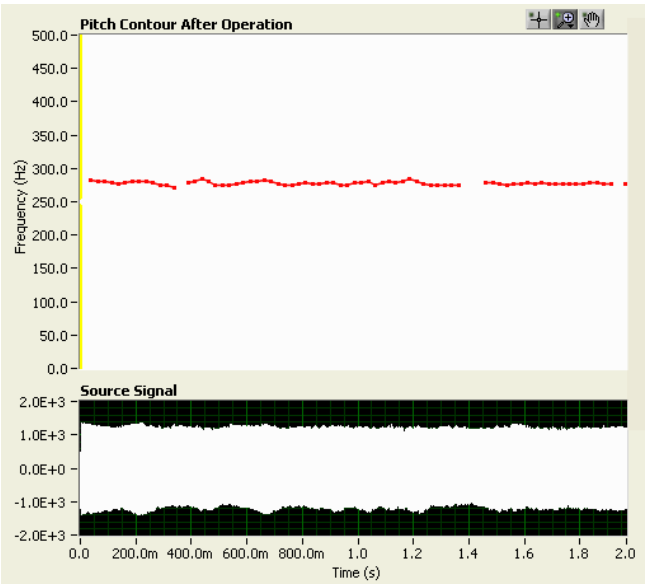



Рис. 3. Лицевая панель ВП, реализующего алгоритм измерения ЧОТ на основе метода LPC

Для оценки точности измерения ЧОТ авторами проведено экспериментальное исследование алгоритма измерения ЧОТ. Методика эксперимента предполагала выполнение трех этапов: формирование входного мультигармонического сигнала, измерение ЧОТ и сравнение результата с входным сигналом. Подробно результаты экспериментальных исследований представлены в работе [8]

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработка ВП, реализующего алгоритм измерения ЧОТ на основе метода LPC осуществлялась при поддержке регионального центра технологий National Instruments кафедры «Радиотехника и радиоэлектронные системы» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет». ВП успешно внедрен в ООО «Центр коммерциализации речевых технологий» (г. Пенза) в рамках реализации проекта РФФИ (заявка № 16-31-00194 мол_а).

**5. Список литературы**


[1]. Huang X., Acero A., Hon H.-W. Spoken Language Processing. Guide to Algorithms and System Developmen // Prentice Hall. 2001, 980 pages.

[2]. Camacho A., Harris J.G. “A sawtooth waveform inspired pitch estimator for speech and music”, Journal Acoust. Soc. Am., vol. 123 (4), Sep. 2008, pp. 1638 - 1652.

[3]. Azarov E., Vashkevich M., Petrovsky A. “Instantaneous pitch estimation based on RAPT framework”, Signal Processing Conference (EUSIPCO), 2012 Proceedings of the 20th European, 27-31 Aug. 2012, pp. 2787 - 2791.

[4]. Hasan M. K., Shahnaz C., Fattah S.A., “Determination of pitch of noisy speech using dominant harmonic frequency”, Proc. IEEE Int. Symposium on Circuits and Systems, vol. 2, 2003, pp. 556 - 559.

[5]. Тычков А.Ю. Программная реализация алгоритма распознавания речевых сигналов в графической среде программирования LABVIEW / А.Ю. Тычков, А.К. Алимурадов, М.В. Французов, П.П. Чураков // Метрология. 2015. № 3. С. 17-25.

[6]. Чураков П.П. Разработка виртуального устройства декомпозиции на эмпирические моды для обработки биомедицинских сигналов / П.П. Чураков, А.Ю. Тычков, А.К. Алимурадов, А.В. Кузьмин // «Инженерные и научные приложения на базе технологий NI NIDays - 2014»: Сборник трудов XIII международной научно-практической конференции, Москва 19 - 20 ноября 2014 г. - М.: ДМК-пресс, 2014. - С. 173 - 175.

[7]. Алимурадов А.К. Разработка и исследование системы голосового управления в среде программирования LABVIEW / А.К. Алимурадов, А.Ю. Тычков, П.П. Чураков // Инженерные и научные приложения на базе технологий NI NIDays – 2015: Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции, Москва 27 ноября 2015 г. - М.: ДМК-пресс, 2015. - С. 200 - 202.

[8]. Алимурадов А.К. Адаптивный алгоритм предварительной обработки речевых сигналов для оценки частоты основного тона / А.К. Алимурадов // «Проблемы автоматизации и управления в технических системах - 2015»: сб. тр. XXXI Международной научно-технической конференции, посвященной 70-летию Победы в Великой Отечественной войне в 2 томах, под ред. М.А. Щербакова. Пенза, 2015 г. Изд-во: ПГУ - С. 103 - 106.


**DEVELOPMENT OF PITCH FREQUENCY MEASUREMENT ALGORITHM FOR SPEECH SIGNALS IN THE LABVIEW GRAPHIC PROGRAMMING ENVIRONMENT**


A.K. Alimuradov, A.Yu. Tychkov, P.P. Churakov

*Penza State University, Penza, Russia*



*The article discusses the process of creating a virtual instrument (VI), which implements the measurement algorithm of pitch frequency (PF) based on the Linear Predictive Coding (LPC) method in the LabVIEW graphic programming environment of the National Instruments software company. A block diagram of the algorithm, a block diagram, and the front panel of the VI, implementing the PF measurement algorithm, are given.*



*Keywords: processing of speech signals, pitch frequency, Linear Predictive Coding*

# РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ

А.В. Иванов, А.В. Суханов

*НПК «Технологический центр» г. Москва, Зеленоград*

*В статье рассматривается процесс создания программно-аппаратного комплекса для исследования основных электрических характеристик интеллектуального источника питания. Приведена функциональная схема разработанного стенда, а также принцип работы специализированного программного обеспечения.*

*Ключевые слова: NI USB-6210, источник питания, LabVIEW, электронная программируемая нагрузка, солнечная батарея, литий-полимерный аккумулятор*

**Постановка задачи**

Последние десятилетия стали свидетельствовать о прогрессе интенсивного использования беспроводных систем в повседневной жизни человека. Однако при разработке таких систем существует определенная проблема – это обеспечение автономности работы таких устройств[1]. Поэтому разработка и исследование интеллектуального источника питания (ИИП) является очень актуальной задачей для многих устройств.

В рамках проекта требовалось создать специализированный стенд, который позволял бы измерять электрические характеристики ИИП. На этапах разработки и исследования ИИП возникают определенные ситуации, где необходимо тестирование устройства в длительном промежутке времени при различном типе нагрузки и при разном способе заряда.

В состав исследуемого макета ИИП входит: микропотребляющий микроконтроллер, микросхема заряда литий-полимерного аккумулятора, аккумуляторная батарея, импульсный преобразователь, сверхъемкая тонкопленочная конденсаторная ячейка и солнечная батарея. Макет ИИП представлен на рисунке 1.

**Используемое оборудование и программное обеспечение**

Программное обеспечение автоматизированного стенда было разработано в среде NI LabVIEW. В состав разработанного стенда входит система сбора данных NI USB-6210, электронная программируемая нагрузка, управляющий персональный компьютер, экспериментальный образец источника питания (объект исследований).

**Описание решения**

Функциональная схема разработанного стенда представлена на рисунке 2. Исследуемый макет ИИП получает энергию от солнечной батареи, накапливает энергию в АКБ и отдает ее программируемой нагрузке. Управляющий компьютер стенда измеряет электрические характеристики в контрольных точках ИИП, а также задает импульсный режим работы нагрузки.

Для управления составными частями стенда было разработано специализированное программное обеспечения в среде LabVIEW [2], которое устанавливается на ПК, входящий в состав стенда. Разработанное программное обеспечение работает с NI-USB 6210 и позволяет измерять: выходное напряжение источника питания при нагрузке и в холостом ходу, выходной ток, напряжение солнечной батареи[3], ток заряда/разряда аккумуляторной батареи, напряжение аккумуляторной батареи. Полученные данные с модуля сбора данных сохраняются на персональный компьютер для дальнейшей обработки. Интерфейс пользователя (рисунок 3) отображает графики и таблицы с электрическими характеристиками ИИП.

В стенде используется электронная программируемая нагрузка, которая поддерживает следующие автоматические режимы тестирования макета ИИП: режим заряда литий-полимерного аккумулятора, смешанный режим и режим нагрузки. Смешанный режим и режим нагрузки при тестировании ИИП обеспечивается электронной программируемой нагрузкой. Электронная программируемая нагрузка позволяет моделировать различные режимы работы: режим постоянного тока, постоянного напряжения, постоянного сопротивления, постоянной мощности, динамический режим. Электронная программируемая нагрузка поддерживает набор команд SCPI (Standard Commands for Programmable Instruments - стандартные команды для программируемых

инструментов) и имеет USB интерфейс. По стандарту интерфейса VISA передача команд в прибор осуществляется строковым типом данных в кодировке ASCII, прибор также передает ответ кодировке ASCII. Также для управления электронной нагрузкой используется динамическая связываемая библиотека (DLL) Windows, содержащая все функции, необходимые для работы с прибором. Разработанное программное обеспечение работает с динамической библиотекой dll электронной программируемой нагрузки, тем самым позволяя автоматизировать и задавать режимы работы.



Рис. 1. Макет интеллектуального источника питания.

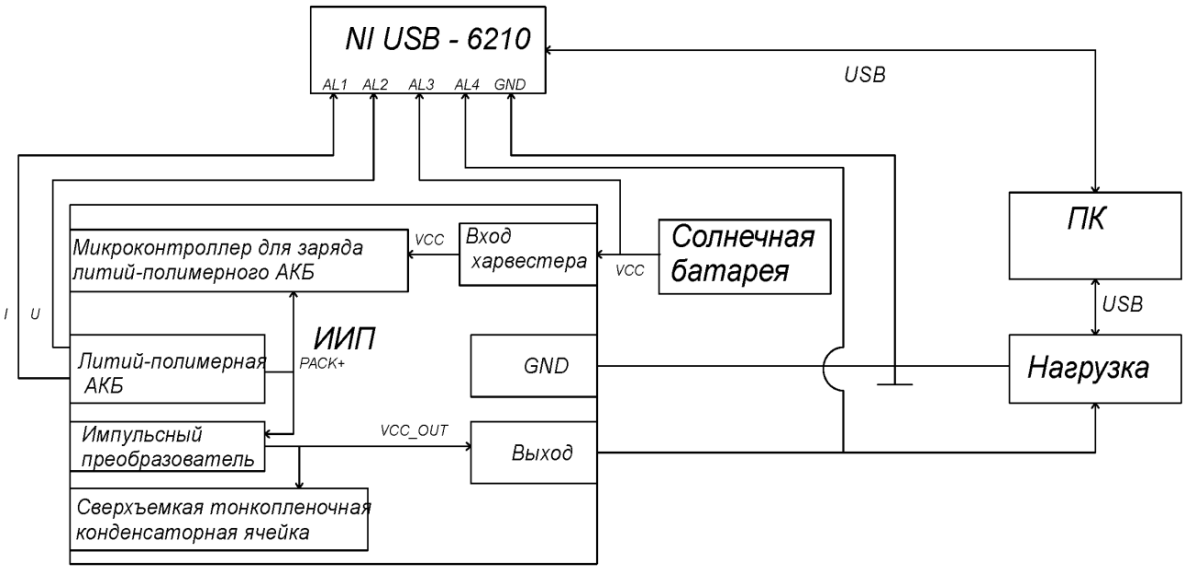



Рис. 2. Функциональная схема стенда для исследования ИИП.

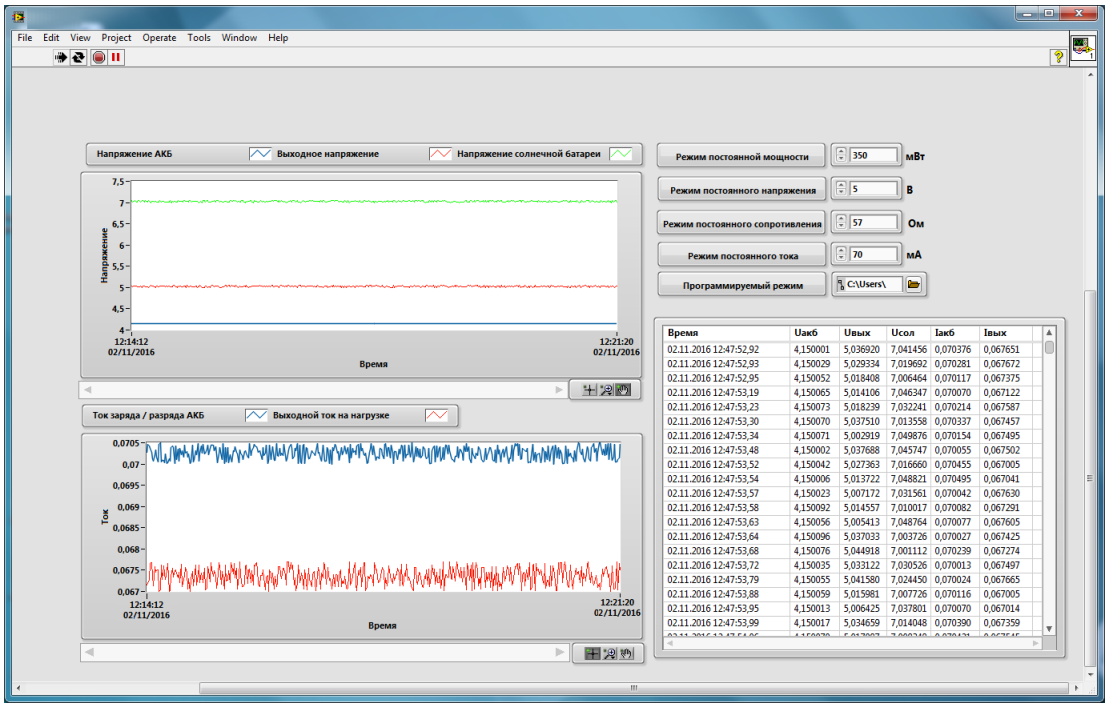



Рис. 3. Интерфейс разработанного программного обеспечения стенда.

**Внедрение и его перспективы**

Измерительный стенд для исследования и измерения электрических характеристик ИИП позволит автоматизировать процесс тестирования макетов. Автоматизация процесса измерения электрических характеристик позволил сократить время проведения лабораторных исследований. Данные источники питания будут использовать в беспроводных сенсорных узлах. Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации (Соглашение № 14.577.21.0134, уникальный идентификатор прикладных научных исследований RFMEFI57714X0134) с использованием оборудования ЦКП «Функциональный контроль и диагностика микро- и наносистемной техники» на базе НПК «Технологический центр».

**Список литературы**

[1]. Kay Romer, Mattern Friedemann, “The Design Space of Wireless Sensor Networks”. IEEE Wireless Communications, 2004, pp. 54–61.

[2]. Тревис Дж., «LabVIEW для всех», Москва: ДКМ Пресс, 544 с.ил, 2004.

[3]. Уитакер М., Бочарников И. Energy Harvesting // Компоненты и технологии. –2010. №8. –С.146-149.

## DEVELOPMENT OF THE TEST SYSTEM FOR MEASURING THE BASIC OPERATIONAL PARAMETERS OF THE INTELLECTUAL POWER SUPPLY UNDER FULL LOAD

A.V. Ivanov, A.V. Sukhanov

*SMC «Technological center» 124498, Moscow, Zelenograd*

*The article discusses the development process of the hardware-software complex for testing the basic electrical characteristics of the intellectual power supply. The functional diagram of the developed test system is presented in the article. The operation principle of the specialized software is also described.*

*Keywords: NI USB-6210, power supply, LabVIEW, programmable electronic load, solar panel, lithium polymer battery.*

# РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАДИАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ АНАЛОГОВЫХ ИС

Д.В.Печенкина[1,2], М.П.Белова[1,2]

*1. ОАО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва,*

*2. НИЯУ МИФИ, г. Москва*

*В статье рассматривается процесс разработки универсальной коммутационной оснастки для автоматизации испытаний различных типов аналоговых интегральных схем на основе применения оборудования «PXI» фирмы National Instruments. Описаны возможности сконструированной системы.*

*Ключевые слова: PXI, аналоговые ИС, параметрический и функциональный контроль, испытания*

**1. Постановка задачи**

Аналоговые ИС имеют чрезвычайно широкое распространение во всех электронных устройствах в цепях питания, датчиках и исполнительных устройствах. Актуальной задачей является отладка и оперативный параметрический и функциональный контроль работоспособности аналоговых ИС в условиях ограниченного времени.

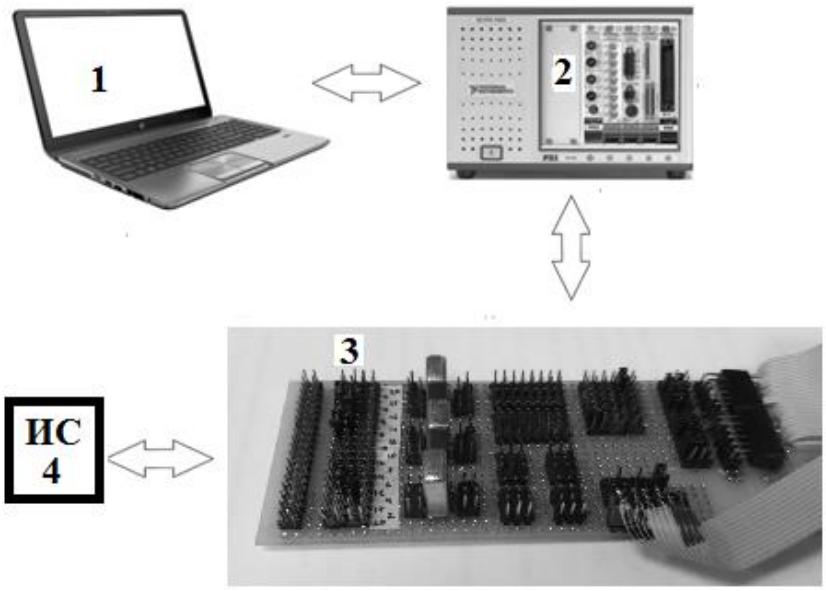
Работа посвящена разработке универсальной коммутационной платы для автоматизации испытаний различных типов аналоговых интегральных схем на основе применения оборудования стандарта PXI [1] фирмы National Instruments.

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012. Для реализации системы была использована платформа NI PXI с модулями NI-4110 (источника питания) и NI-4071 (мультиметра). Для физической коммутации сигналов была создана и отлажена универсальная плата. Управление модулями и приборами, а также передача данных осуществлялись с персонального компьютера.

**3. Описание решения**

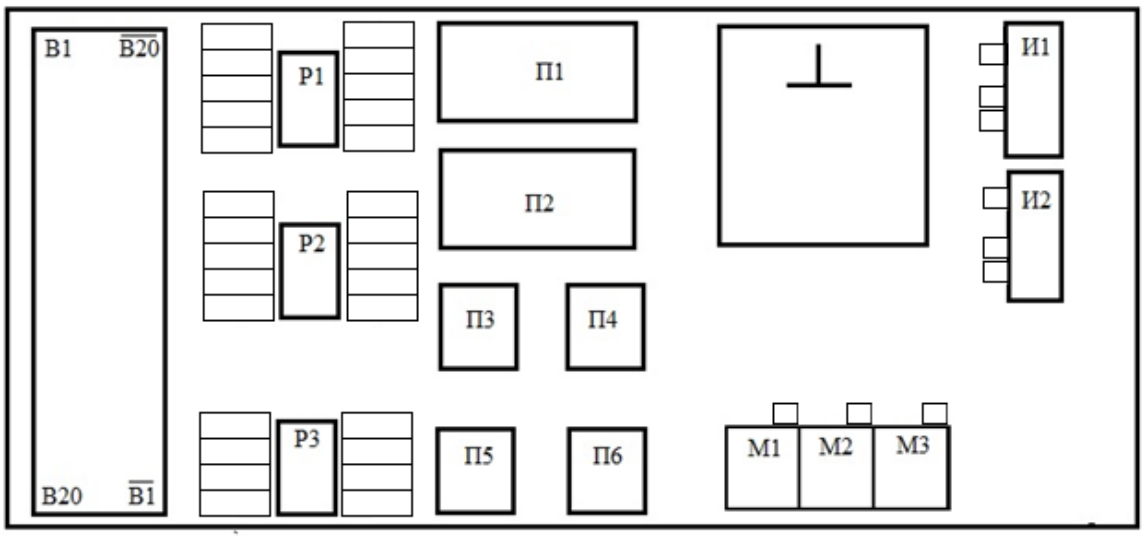
Структурная схема системы мониторинга на рис. 1.




1 -персональный компьютер; 2 измерительный блок;
3- коммутационная плата; 4- аналоговая интегральная схема.

Рис. 1. Структурная схема системы.

Блок-схема и описание платы приведены на рисунке 2.




В1-В20 - выводы микросхемы, Р1-Р3 – блоки реле с интуитивно понятным интерфейсом, ;
П1-П6 – коммутационные поля,М1-М3 – мультиметры, И1-И2 – источники питания;

Рис. 2. – Блок-схема платы

Основная цель применения системы – контроль изменения параметров-критериев годности различных типов аналоговых микросхем в условиях радиационного воздействия. В процессе испытаний микросхема находится в одном из регламентированных режимов, а в процессе измерения проверятся все требуемые электрические режимы работы. В таблице 1 приведены основные типы испытываемых аналоговых ИС, их измеряемые параметры и особенности режимов работы и измерения.

| | | |
|---|---|---|
| Линейный стабилизатор напряжения | Выходное напряжение, токи потребления, нестабильности по току и напряжению, функционирование. | Широкий диапазон входных напряжений (от 0 до 60В), широкий диапазон выходных токов(от 0 до 1000мА) |
| Вторичные импульсные источники питания | Выходное напряжение, токи потребления, нестабильности по току и напряжению, функционирование | Широкий диапазон входных напряжений (от 0 до 60В), широкий диапазон выходных токов(от 0 до 5А) |
| Аналоговые ключи и коммутаторы | Цифровые уровни низкого и высокого выходного напряжения, проходное сопротивление в открытом состоянии, токи утечки и потребления. | Точные уровни низкого и высокого выходного напряжения, низкие токи утечки(порядка единиц нА), множество режимов работы при измерении параметров |
| Супервизоры питания | Токи потребления, уровни срабатывания. | Точное и оперативное измерение уровня срабатывания микросхемы |

Для оперативного запуска и отладки работы различных типов аналоговых ИС была разработана универсальная плата и специализированное ПО для каждого типа ИС.

Универсальная коммутационная плата позволяет использовать одновременно 2 источника PXI NI-4110 и 3 мультиметра PXI NI-4071. С помощью специального шлейфа №1 происходит удобная и надежная передача сигналов на плату, а затем с помощью шлейфа №2 передача коммутированных и обработанных сигналов с платы на исследуемую ИС.

Плата позволяет управлять физической коммутацией источников питания, соединения их последовательно для более высоких уровней входного напряжения (до 60В). На плате есть объединенные поля «земли» и сигнальных линий, причем соединение с землей продумано с помощью шин и перемычек для более быстрого и надежного соединения. Так же на плате используется 3 двухканальных реле для коммутации сигналов для создания различных электрических режимов работы схемы. С помощью перемычек 2 реле могут управляться нулевым каналом каждого из источников питания.

Таким образом плата позволяет включать микросхемы с количеством выводов до 20, программно коммутировать эти сигналы с помощью реле, управляемых NI, измерять одним точным мультиметром несколько сигналов и/или входных пикоамперных токов, что невозможно сделать с помощью платы АЦП, переключая их последовательно.

Легкость и интуитивная понятность платы позволяет в очень короткие сроки проверить функциональность ИС, не чувствительных к длинным линиям, т.к. коммутация в общем случае физически проходит достаточно далеко от ИС.

Также для удобства использования коммутационной платы было создано ее описание, в котором можно подробно отметить все соединения. Таким образом, с помощью ПО для каждой ИС и набора проводом можно быстро и точно измерить параметры и функционирования абсолютно разных типов ИС.

Для ускорения написания ПО для работы с платой, были созданы блоки, из которых строятся программы:

1) блок работы с источником PXI-4110, в котором в качестве входных переменных задается входные напряжения от 0 до 60В, предел и точность измерения входного тока.

2) блок работы с PXI-4071, в котором в качестве входных сигналов используется выбор «амперметр-вольтметр», предел измерения, точность измерения.

3) блок управления коммутацией и опросом микросхемы.

4) блок сбора и сохранения данных.

Созданная автоматизированная система успешно заменила существующую систему на базе настольных приборов. Она позволила проводить эффективные измерения на ограниченном количестве приборов PXI, система коммутации позволяет в несколько раз уменьшить требуемое количество мультиметров. Это позволило существенно ускорить процесс проведения испытаний и повысить качество результата.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная система мониторинга успешно внедрена в ОАО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва. Планируется расширение серии аналогичных систем, ориентированных по функциональной принадлежности исследуемых микросхем и других изделий электронной промышленности.

**5. Список литературы**

[1]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

**DEVELOPMENT OF UNIVERSAL SWITCHING BOARD FOR ANALOG IC AUTOMATION TESTS**

[4]. D.V.Pechenkina[1,2], M.P.Belova[1,2]

*1. JSC «SPELS», Moscow*

*2. IEAE NRNU MEPhI, Moscow*

*The article describes development of universal switching board for various type of analog integrated circuits automation tests using PXI family of National Instruments equipment. The capabilities designed system.*

*Keywords: PXI, IC, parametric and functional control, tests*

# РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ОПЕРАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ИСПЫТАНИЙ ЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ

В.А. Комаров

АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва»,
г. Железногорск, Красноярский край

*Рассмотрено применение среды программирования LabVIEW для расчета характеристик оперативности многопользовательских систем испытаний земных станций спутниковой связи на основе статистической обработки результатов вычислительных имитационных экспериментов с использованием вычислительных методов.*

*Ключевые слова: распределенные измерительно-управляющие системы, имитационное моделирование, многопользовательский доступ.*

## 1. Постановка задачи

На этапе проектирования и эксплуатации многопользовательских распределенных измерительно-управляющих систем (МРИУС) актуальной является задача оценки принципиальной возможности реализуемости требуемых характеристик оперативности для заданного количества терминалов пользователей. Для многопользовательской системы испытаний земных станций спутниковой связи такой характеристикой, наиболее полно отражающей особенности решения на основе системы целевой задачи, является вероятность непревышения заданного порогового значения времени ожидания результатов измерения – $P(t_{ож}<t_{пор})$ [1].

Определение в аналитическом виде функции распределения времени ожидания для сложных архитектур систем и нетиповых алгоритмов диспетчеризации разделяемого ресурса является трудоемкой математической задачей [2-4]. Для решения обозначенной проблемы широкое распространение получил метод имитационного моделирования, основанный на воспроизведении поведения основных узлов, установке взаимосвязей между ними в процессе реализации функций системы, и проведении серии имитационных экспериментов с использованием вычислительных средств [5].

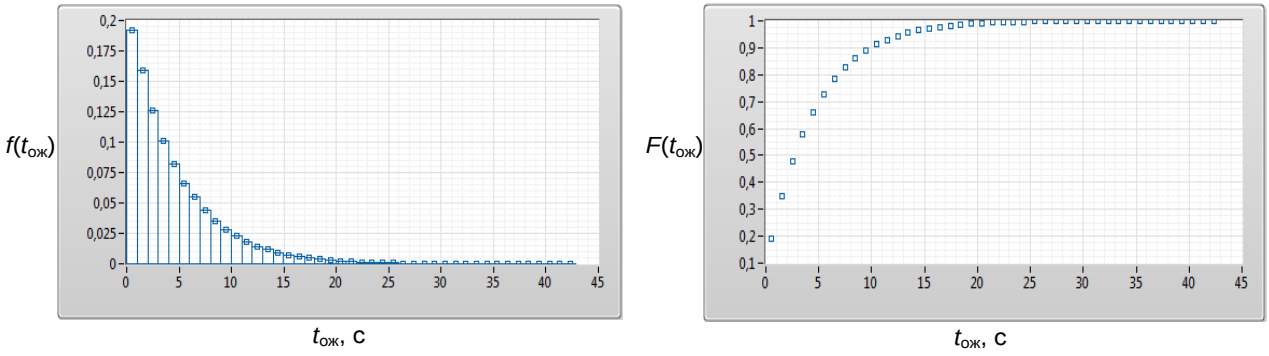
## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программа имитационного моделирования реализована с использованием стандартных функций среды программирования *LabVIEW*.

## 3. Описание решения

На основе разработанной имитационной модели многопользовательских распределенных измерительно-управляющих систем [4], реализованной в среде графического программирования *LabVIEW* проводится серия вычислительных имитационных экспериментов, посредством статистической обработки результатов которых с использованием стандартных функций, вычисляются значения математического ожидания и среднеквадратичного отклонения случайной величины $t_{ож}$, а также строится гистограмма эмпирической плотности вероятности распределения – $f(t_{ож})$ и эмпирическая функция распределения – $F(t_{ож})$. На рис. 1 представлены примеры зависимостей, полученные на основе разработанной программы на примере одноканальной МРИУС с числом терминалов пользователей $N$ = 15, для интенсивности поступления запросов с каждого терминала пользователя $\lambda_i$ = 0,015, интенсивности обслуживания запросов $\mu$ = 0,4.

Для общего случая определение значения искомой вероятности состоит в поиске приближенного значения $F(t_{пор})$ в точке $t_{пор} \neq t_i$, где $t_i$ – эмпирические значения частот распределения, полученные в результате моделирования. Поиск промежуточных значений в заданной точке выполняется на основе стандартной функции *Interpolate 1D.vi*, предоставляющей возможность выбора нескольких методов интерполяции. Расчетное значение вероятности характеризует оперативность функционирования системы для заданного порогового значения $t_{пор}$.




*а)* *б)*

Рис. 1. Результаты вычислительных имитационных экспериментов:

а – гистограмма эмпирической плотности вероятности распределения $f(t_{ож})$;
б – эмпирическая функция распределения $F(t_{ож})$

На основе рассмотренного подхода и параметрического анализа имитационной модели при варьировании значений $\lambda_i$ и $\mu$ посредством интерполяции полученных зависимостей $P(t_{ож}<t_{пор}) = f(\lambda_i,\mu)$ может быть решена проектная задача формирования требований к параметрам диалога и, как следствие, к длительности основных операций, выполняемых функциональными узлами системы, в соответствии с заданными значениями вероятности $P(t_{ож}<t_{пор})$.

На рис. 2 приведены рассчитанные на основе серии вычислительных экспериментов графики сводных предельных зависимостей среднего времени обслуживания заданий – $t_{обсл_ср}$ от числа поступающих с каждого терминала пользователя запросов – $X_0$, при $t_{пор}$ = 5 с, для архитектуры системы, рассмотренной в [6]. Данные зависимости характеризуют расчетные соотношения величин $t_{обсл_ср}$ и $X_0$, обеспечивающие возможность одновременной работы 15 терминалов пользователей на интервале функционирования системы 1 час при различных значениях вероятности $P(t_{ож}<t_{пор})$.

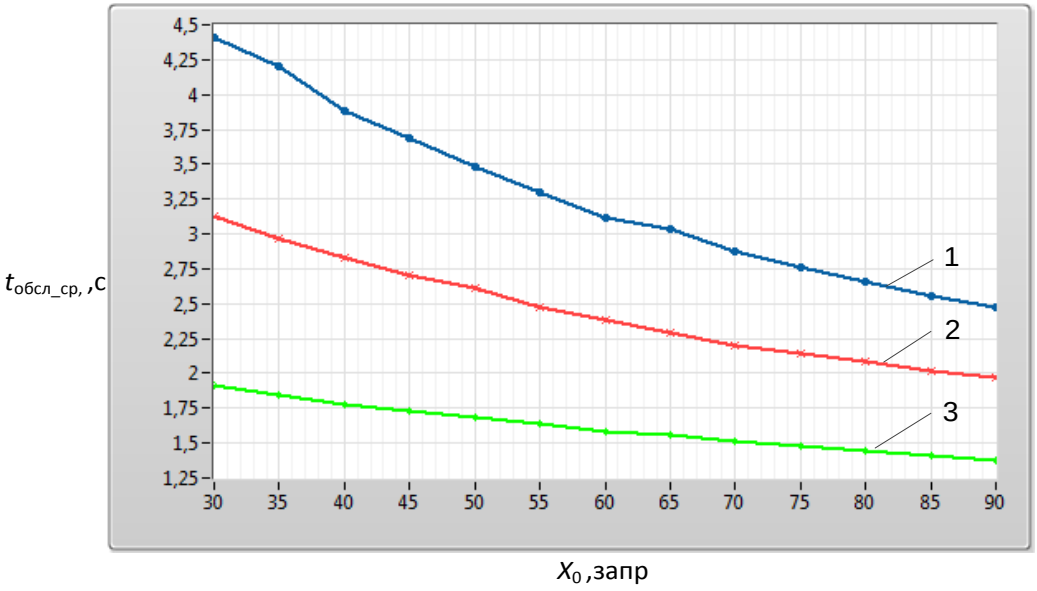



Рис. 2. Графики предельных зависимостей $t_{обсл_ср} = f(X_0)$:
1 – $P(t_{ож}<5) = 0,5$; 2 – $P(t_{ож}<5) = 0,7$; 3 – $P(t_{ож}<5) = 0,9$.

Применение среды графического программирования *LabVIEW* позволило сократить сроки программной реализации имитационной модели, а также предоставило возможность реализации расширенной программной обработки результатов вычислительных имитационных экспериментов в единой программной среде, что в свою очередь обеспечило возможность интегрированного комплексного решения проектных задач анализа и разработки МРИУС.

**4. Внедрение и его перспективы**

Рассмотренный подход используется в научно-исследовательской работе АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решётнева», г. Железногорск и учебном процессе ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», г. Красноярск на базовой кафедре «Радиоэлектронная техника информационных систем».

**5. Список литературы**


[1]. Комаров В.А. Исследование вероятностно-временных характеристик многопользовательской системы квалификационных испытаний земных станций спутниковой связи // Наукоемкие технологии: науч. журн. 2015, т.16, №3. С. 48–51.

[2]. Комаров В. А., Сарафанов А. В. Оптимизация операций управления в многопользовательских распределенных измерительно-управляющих системах // Информационно-управляющие системы: науч. журн. 2011. №3. С. 52–56.

[3]. Комаров В.А., Глинченко А.С., Сарафанов А.В. Распараллеливание функциональных операций в многопользовательских распределенных измерительно-управляющих системах // Датчики и системы. 2012. №4. С. 2–5.

[4]. Комаров В. А., Сарафанов А. В. Имитационное моделирование процесса функционирования многопользовательских распределенных измерительно-управляющих систем // Измерительная техника: научн.-техн. журн. 2011. №2. С.16–19.

[5]. Советов Б.Я, Яковлев С.А. Моделирование систем: Учеб. пособие для вузов. М.: Высшая школа, 2001.

[6]. V.A. Komarov, S.O. Pazderin, A.V. Sarafanov. Method for qualification testing of satellite-communication earth stations // Measurement Techniques, Vol. 59, No. 1, April, 2016.


**CALCULATION OF OPERATING CHARACTERISTICS FOR TESTING SYSTEM OF SATLLITE-COMMUNICATION EARTH STATIONS**


V.A. Komarov

*Join-Stock Company «Academician M.F. Reshetnev «Information Satellite Systems», Zheleznogorsk, Russia*



*The use graphical programming environment LabVEW for calculation of operating characteristics for multi-user testing system of satellite-communication earth stations based on processing of result simulation modeling is considered.*



*Keywords: distributed measuring-controlling systems, simulation modeling, multi-user access*

# СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕСТОВЫХ ЯЧЕЕК ПАМЯТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗАТОРА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ KEYSIGHT B1500A

И.И. Швецов-Шиловский[1,2], А.Б. Боруздина[1,2], А.В. Уланова[1,2], К.М. Амбуркин[1,2], А.Ю. Никифоров[1,2]

*1. АО «ЭНПО Специализированные электронные системы» г. Москва*

*2. Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ», г. Москва*

*В статье представлена система для контроля параметров тестовых ячеек памяти на основе анализатора полупроводниковых приборов Keysight B1500A. Описан способ подключения тестируемого образца и полный список используемого оборудования. Указаны особенности удаленного управления оборудованием Keysight с помощью Keysight VISA и приведены примеры программ в среде LabVIEW.*

*Ключевые слова: B1500A, B1530A, GPIB, VISA, ячейки памяти*

## 1. Постановка задачи

Активно развивающиеся в настоящее время типы энергонезависимой памяти используют новые материалы и принципы работы и могут преодолеть имеющие место для традиционных статических и динамических ОЗУ пределы по быстродействию и энергопотреблению [1]. Лежащие в их основе материалы могут стабильно находиться в двух состояниях с разными электрическими характеристиками без необходимости в источнике питания. Примерами новых типов памяти могут служить резистивная память с произвольным доступом (англ. Resistive random-access memory – ReRAM) и сегнетоэлектрическая оперативная память (англ. Ferroelectric random-access memory – FeRAM) на основе ферроэлектрических конденсаторов. Следует отметить, что в состав ячейки памяти помимо запоминающего элемента входит также КМОП транзистор, обеспечивающий выборку отдельного бита в массиве памяти.

Разработке и тестированию [2] микросхем памяти больших объемов предшествует этап проектирования, изготовления и контроля параметров отдельных ячеек памяти, выполненных в рамках выбранной технологии. Важной задачей является измерение параметров таких ячеек, в том числе в условиях внешнего дестабилизирующего воздействия.

По этой причине требуется разработать автоматизированный аппаратно-программный комплекс, который позволит с высокой точностью и скоростью контролировать основные параметры тестовых ячеек памяти.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Производственный контроль параметров интегральных микросхем проводится, как правило, с использованием автоматизированных зондовых станций. Реализация данного подхода затруднена при исследовании поведения изделий во время внешнего воздействия. Особенности испытательных установок [3] затрудняют одновременный контроль параметров и задание режима большого числа образцов во время воздействия. По этой причине испытаниям предшествует резка пластины, что препятствует использованию автоматизированной зондовой станции.

Ручное позиционирование зондов является длительным и кропотливым процессом, а в случае, если число выводов устройства больше числа зондов испытательной установки, многократное подключение зондов к контактным площадкам кристалла может привести к их физическому повреждению. Разварка тестовых кристаллов в стандартный корпус приводит к появлению паразитных сопротивлений, емкостей и индуктивностей, затрудняющих контроль параметров исследуемого объекта.

Тестируемые кристаллы были разварены непосредственно на печатную плату, которая специально была изготовлена небольшого размера для минимизации длины сигнальных линий от контактной площадки до кабеля. Подложка кристалла была приклеена токопроводящим клеем к металлу на нижнем слое печатной платы, для чего в материале печатной платы был сформирован колодец. Внешний вид печатной платы и тестируемого образца представлен на рисунке 1.

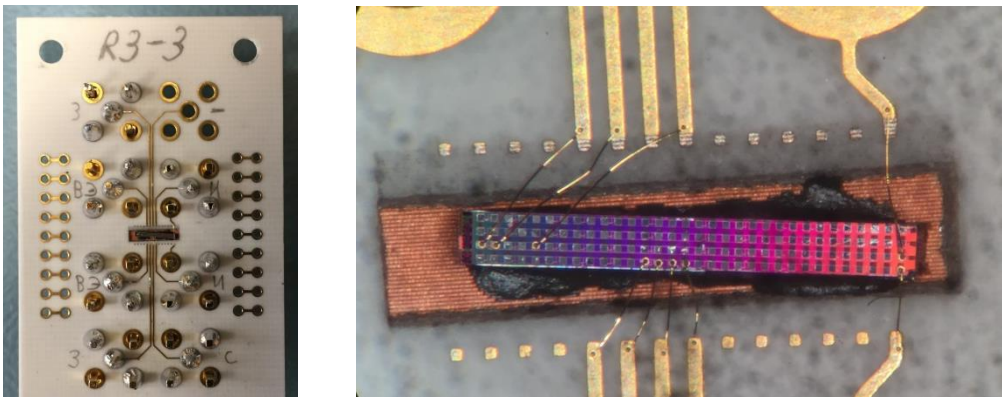



Рис. 1. Внешний вид печатной платы и тестируемого образца.

Выбор оборудования был обусловлен необходимостью проводить измерения в импульсном режиме и контролировать ток, протекающий через структуру с периодом 10 нс. Измерительная система была построена на основе анализатора полупроводниковых приборов Keysight B1500A [4], в состав которого входили 4 источника/измерителя B1517A (англ. Source Measurement Unit – SMU) и модуль генератора сигналов и быстродействующего измерителя B1530A (англ. Waveform Generator/Fast Measurement Unit – WGFMU). Режим во время воздействия задавался с помощью оборудования National Instruments в составе шасси NI PXI-1033 [5], источника питания NI PXI-4110, платы аналогового ввода-вывода NI PXI -6229, мультиметра NI PXI-4071 и мультиплексора NI PXI-2503.

Стандартной средой для управления оборудованием Keysight и создания заданий на измерения является ПО EasyEXPERT. Тем не менее, для обеспечения унифицированной программной среды и способа представления результатов эксперимента в среде программирования LabVIEW 2010 была разработана программа для работы с оборудованием Keysight.

### 3. Описание решения

Управление SMU B1517A осуществляется путем подачи команд по стандартизованному интерфейсу программной архитектуры VISA, для работы с которой фирма Keysight предоставляет собственный набор библиотек – Keysight I/O Libraries. Данное ПО во время инсталляции дает возможность установить Keysight VISA в качестве вторичной библиотеки VISA, оставляя в качестве основной библиотеки NI VISA. После настройки сетевого подключения к B1500A и запуска сервера ввода-вывода на B1500A в ПО Keysight Connection Expert был обнаружен удаленный USB интерфейс, по которому была возможна отправка команд и управление SMU. Блок-диаграмма виртуального прибора для отправки произвольной команды для управления SMU B1517A представлена на рисунке 2.

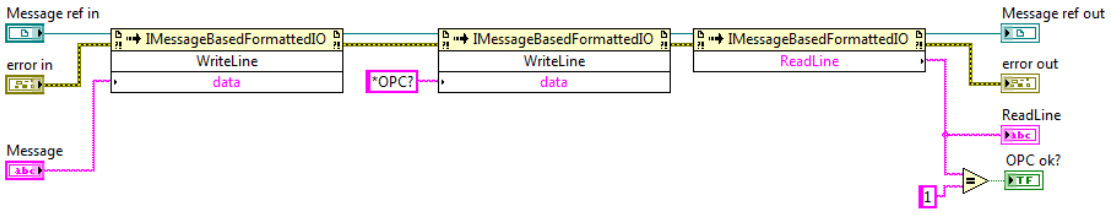



Рис. 2. Блок-диаграмма виртуального прибора для отправки произвольной команды для управления SMU B1517A.

Тем не менее, такой вариант подключения не дает возможность сформировать адрес в архитектуре VISA для высокоскоростного измерителя B1517A. Библиотека работы с ним, предоставляемая Keysight, подразумевает подключение к используемому инструменту по интерфейсу GPIB, который не доступен в списке подключений. По этой причине был выбран другой вариант доступа к оборудованию, в котором удаленный сервер ввода-вывода был запущен на промежуточном компьютере, к которому оборудование было подключено по интерфейсу GPIB. После этого были успешно сформированы удаленные GPIB адреса для SMU и WGFMU.

Функции работы с WGFMU B1530A были успешно импортированы в LabVIEW с помощью стандартного мастера импорта dll библиотек, после чего в проект была подключена библиотека wgfmu.lvlib, содержащая виртуальные приборы, соответствующие функциям, содержащимся в

исходной библиотеке wgfmu.lib. Блок-диаграмма виртуального прибора настройки сессии и загрузки предварительно настроенной последовательности импульсов в WGFMU B1530A представлена на рисунке 3.

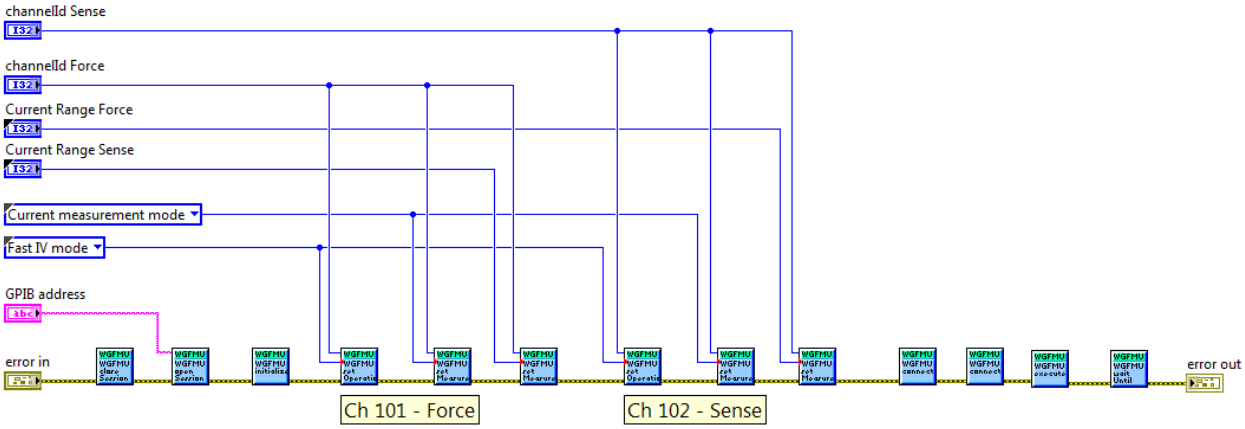



Рис. 3. Блок-диаграмма виртуального прибора настройки сессии и загрузки предварительно настроенной последовательности импульсов в WGFMU B1530A.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная система успешно внедрена в АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва и используется для контроля характеристик тестовых ячеек памяти во время физических экспериментов.

Работа частично выполнена в рамках государственного задания № 8.826.2014/К Минобрнауки России.

**5. Список литературы**

[1]. T. Endoh, H. Koike, S. Ikeda, T. Hanyu, and H. Ohno, “An Overview of Nonvolatile Emerging Memories — Spintronics for Working Memories,” in IEEE Journal on Emerging and Selected Topics in Circuits and Systems, vol. 6, no. 2, pp. 109-119, June 2016.

[2]. B. Boruzdina, A. A. Orlov, A. V. Ulanova, N. G. Grigor'ev, and A.Y. Nikiforov, “Automatic control system for memory chips performance in a radiation experiment,” in Proc.2015 International Siberian Conference on Control and Communications, SIBCON 2015 Omsk; Russian Federation; May 21 -23, 2015, article number 7147007.

[3]. A.S. Artamonov, A.A. Sangalov, A.Y. Nikiforov, V. A. Telets, and D.V. Boychenko, “The new gamma irradiation facility at the National Research Nuclear University MEPhI,” in 2014 IEEE Radiation Effects Data Workshop, REDW 2014, Paris, France; ; Jul. 14-18, 2014, pp. 258-261, article number 7004600.

[4]. http://www.keysight.com/en/pc-2250789/b1500a-semiconductor-device-analyzer?cc=US&lc=eng – раздел на сайте Keysigth

[5]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

**MEASUREMENT SYSTEM FOR TEST MEMORY CELLS BASED ON KEYSIGHT B1500A SEMICONDUCTOR DEVICE ANALYZER**

I. Shvetsov-Shilovskiy[1,2], A.B. Boruzdina[1,2]

*1. Specialized Electronic Systems (SPELS), Moscow, Russia*

*2. National Research Nuclear University (NRNU) MEPhi, Moscow, Russia*

*The article presents measurement system for test memory cells control based on Keysight B1500A semiconductor device analyzer. The connection of the test sample is described as well as the full list of the equipment utilized. The features of the Keysight equipment remote control by means of Keysight VISA are shown; code examples in LabVIEW environment are also presented.*

*Keywords: B1500A, B1530A, GPIB, VISA, memory cells*

# СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ЦИФРОВЫХ И СВЧ МОДУЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ

Н.Н. Кисель, С.В. Левонюк, С.В. Николаев, И.И. Турулин[1], С.П. Тяжкун[2], В.Д. Ходжаев, Н.А. Шушкевич[3]

*1. Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону,*

*2. АНО «Научно-исследовательский центр ракетных и космических технологий российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского», .Московская обл, г. Королев,*

*3. АО "Научно-исследовательский институт точных приборов", г. Москва,*

*В статье рассматривается система моделирования и контроля, предназначенная для проведения виртуальных и полунатурных исследований типовых модулей электронных приборов. Представлена структура программно-аппаратного комплекса на основе модульной системы PXI, а также основные возможности применения данной системы.*

*Ключевые слова: аппаратно-программное моделирование, функциональный контроль, модульная платформа PXI, LabVIEW.*

**Постановка задачи**

Система моделирования и контроля (СМК) предназначена для виртуальных и полунатурных экспериментов, которые проводятся с целью моделирования и функционального контроля применительно к типовыми цифровым и СВЧ модулям электронных приборов различного назначения. Основными задачами, решаемыми СМК, являются:

- проверка работоспособности;
- параметрическая оптимизация;
- оценка эффективности;
- функциональный контроль.

На ранних стадиях жизненного цикла задачи проверки работоспособности, параметрической оптимизации и оценки эффективности решаются на уровне исследования функциональных, схемотехнических и конструктивных решений. Такое исследование проводится, как виртуальный эксперимент, при котором тестируемый модуль и его окружение (источники внешних сигналов и приемники сигналов от модуля) реализуются в виде программных (алгоритмических) моделей.

Затем на этапах разработки модуля осуществляется исследование программно-аппаратной модели в реальном окружении или в физической имитации этого окружения. Это полунатурный эксперимент, при котором исследуемый модуль реализуется «виртуально» (в виде программной модели), а окружение модуля – «в натуре» (это может быть фрагмент действующей системы, куда встраивается модуль, либо физический макет или имитатор реальных сигналов и нагрузок этого окружения).

Проверка работоспособности, анализ эффективности и функциональный контроль макета или реального образца модуля осуществляются в виде полунатурного эксперимента, когда тестируемый модуль имеется физически в виде макета или действующего образца, а его окружение (надсистема) имитируется в виде модели (программно-аппаратные имитаторы стимулов и приема реакций, обработка и управление в виде программно-алгоритмической модели окружения). Отработанная на этапе разработки виртуальная модель модуля используется на этапе функционального контроля в качестве «эталона» функционирования макета или реального образца модуля.

**Описание решения**

СМК включает в себя три стенда функционального контроля (СФК). Каждый из них построен на основе отдельного шасси PXIe-1085 [1] с контроллером PXIe-8135. Состав остальных модулей специфичен для каждого СФК и зависит от особенностей тестируемых электронных модулей. СФК1 предназначен для функционального контроля СВЧ-модулей и предполагает исследование его как пассивного четырехполюсника при подаче на его входы СВЧ-сигнала с программно управляемыми параметрами в заданном диапазоне частот. Основу СФК1 составляет двухпортовый векторный анализатор сигналов PXIe-5632 [2], оснащенный прецизионными СВЧ кабелями и комплектом для ручной калибровки анализатора.

СФК2 предназначен для моделирования и контроля цифровых контроллеров, тестирование которых осуществляется по цифровым каналам через стандартные интерфейсы, а также по низкочастотным аналоговым каналам. Для этого в составе СФК2 используются:

- плата STAR-Dundee для обмена по интерфейсу SpaceWire;
- 4-х канальный интерфейсный модуль 1553 PXI;
- интерфейсный модуль для RS422/485 - PXI-8431/8;

- многофункциональный модуль ввода-вывода PXIe-6341;
- модуль цифрового ввода-вывода с управляемыми уровнями PXIe-6537;
- модуль цифрового ввода-вывода с оптической развязкой PXI-6514.

Внешний вид СФК2 и результаты одного из тестов показаны на рис. 1 и 2, соответственно.

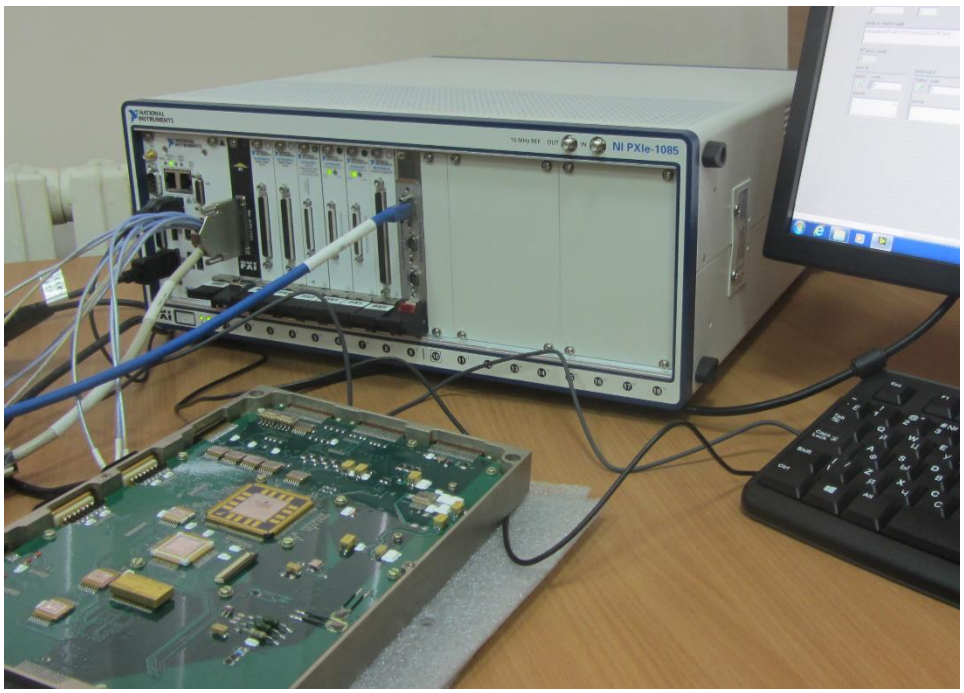



Рис.1 Внешний вид стенда СФК2 с модулем вычислителя

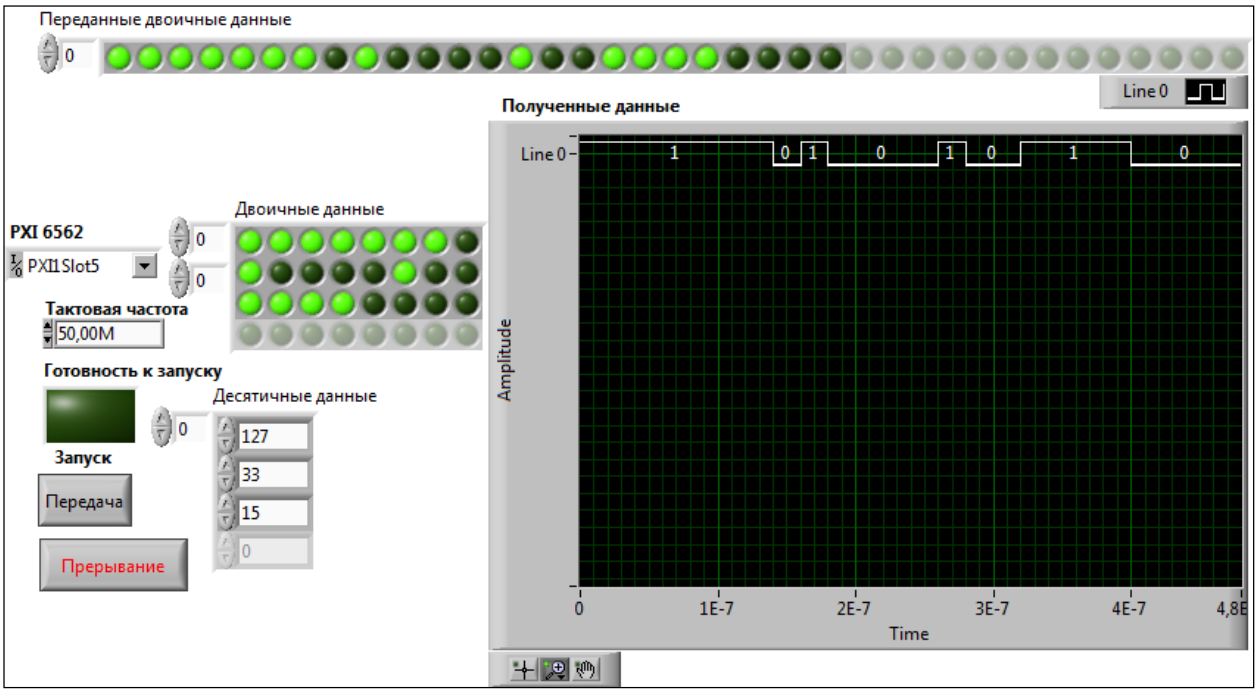



Рис. 2. Результаты тестирования по одному из цифровых каналов СФК2

СФК3 предназначен для контроля цифровых модулей с нестандартными интерфейсами и протоколами обмена. В нем используются высокоскоростные модули ввода-вывода цифровых сигналов [3]:

- модуль PXI-6541, который обеспечивает скоростной ввод-вывод цифровых сигналов с управляемыми уровнями по 32-м каналам;

- модуль PXI-6562, который обеспечивает скоростной ввод-вывод цифровых LVDS-сигналов по 16 каналам;

- модуль реконфигурируемого ввода-вывода PXI-7854R.

Все стенды оснащены соответствующими аксессуарами для подключения тестируемых модулей, а также прикладным программным обеспечением в системе программирования LabVIEW, которое обеспечивает функции обмена через модули ввода-вывода, генерацию сигналов-стимулов, регистрацию и обработку сигналов-откликов, реализацию компьютерных моделей тестируемых модулей на сигнальном уровне их представления.

**Внедрезние и его перспективы**

СМК апробирована в организации АНО «НИЦ РКТ РАКЦ» на примере тестирования модуля плавных фазовращателей, модуля вычислителя и модуля формирования транспортировочных радиокадров.

СМК может использоваться:

- в составе АРМ аппаратно-программного моделирования и функционального контроля цифровых и СВЧ модулей;

- для моделирования, исследования и сравнительного анализа эффективности альтернативных вариантов модулей на разных этапах разработки, испытаний, эксплуатации;

- для прогнозирования эффективности и модернизации перспективных модулей;

- для формирования базы данных по результатам создания и использования модулей.

**Список литературы**


[1]. PXI Express NI PXIe-1085 Series User Manual. URL: http://www.ni.com/pdf/manuals/373712g.pdf.

[2]. Nl PXIe-5632. Руководство по эксплуатации. National Instruments.- 2012.

[3]. 400 and 200 Mb/s LVDS Digital Waveform Generator/Analyzers. URL: http://www.ni.com/pdf/products/us/20044548101dlr.pdf.


## SYSTEM FOR MODELING AND CONTROL OF DIGITAL AND MICROWAVE MODULES OF ELECTRONIC DEVICES


N.N. Kisel, S.V. Levoniuk, S.V.Nikolaev, I.I. Turulin[1], S.P. Tyazhkun[2], V.D. Hodzhaev, N.A. Shushkevitch[3]

*1. Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia*
*2. Independent noncommercial organization "Research Center of Rocket and Space Technology at Academy of Cosmonautics after K.Tsiolkovsky", Korolev, Russia*
*3. Joint-Stock Company “Research Institute of Precision Instruments, Moscow, Russia*



*The article deals with the modeling and monitoring system designed for virtual and semi-natural studies of a typical modules of electronic devices. The structure of hardware and software based on PXI modular system, as well as the main features of this system are represented.*



*Keywords: hardware and software modeling, functional control, the PXI modular platform, LabVIEW*

# СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ РАДИОКОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА СЕТЕЙ

В.И.Чехутский, А.А. Смирнов

*ООО «Алькор-Коммьюникейшин», г. Москва*

*В статье рассмотрены задачи радиомониторинга частотного спектра в целях обеспечения безопасности и улучшения качества связи различных типов и предложено решение указанных задач.*

*Ключевые слова: радиомониторинг, спутниковый радиоконтроль, радиорелейные линии, мобильный комплекс*

## 1. Постановка задачи

В настоящее время в связи с развитием стандартов связи, увеличением радиоаппаратуры и уплотнения спектра, все большее внимание уделяется развитию задач контроля радиоспектра. Основные вещатели, рассматривающиеся в данной статье – спутники-ретрансляторы, радиорелейные линии, а также базовые станции мобильных операторов. Основные проблемы и сложности, возникающие у регуляторов, отвечающих за контроль радиоспектра:

- Модернизация радиорелейных линий, повышение рабочей частоты
- Динамичное развитие спутникового и IP телевидения
- Увеличение количества БС, совершенствование стандартов связи (расширение полос, повышение количества взаимных помех)
- Необходимость контроля спектра на массовых мероприятиях в целях повышения качества связи и безопасности
- Необходимость сведения затрат человеческих ресурсов к минимуму
- Большие массивы данных связанных с необходимостью широкополосного анализа

**Радиорелейные линии**

Радиорелейные линии развиваются, переходят в микроволновый диапазон, что повышает скорость передачи данных, снижает габариты оборудования, и уменьшает взаимные помехи, но при этом требует высоких точностей исполнения. Соответственно и измерительное оборудование должно отвечать повышенным требованиям. На одной радиовышке может располагаться несколько антенн БС. Сигнал с них необходимо идентифицировать, чтобы можно было точно знать, кто из операторов нарушает разрешенные частотные диапазоны и уровни мощности. Этот процесс осложняется узкой диаграммой направленности антенн РРЛ.

**Диапазон мобильных операторов**

Задача постоянного тестирования диапазона частот мобильных операторов крайне актуальна. Необходимость обусловлена стремлением повысить качество связи, оперативно обнаружить источники помех или незарегистрированных вещателей. В данном режиме необходимо получить сервисную информацию о сигналах GSM, UMTS, CDMA, LTE, TETRA, APCO25 и других, сохранять данные измерений в БД и сравнивать результаты с эталонными масками.

**Спутниковая связь и ТВ вещание**

Важной задачей, возложенной на регулятора является спутниковый радиоконтроль, позволяющий проводить измерение излучаемых с борта спутника-ретранслятора сигналов с целью повышения качества вещания спутникового ТВ и определения незарегистрированных вещателей.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Основой измерительного комплекса является векторный анализатор сигналов до 26,5 ГГц с контроллером PXIe-8880, RAID-массивом и программируемой ПЛИС Kintex-7, расположенные в шасси PXIe-1085. Установка объемного RAID-массива в данном решении – необходимая мера для накопления собранных данных при невозможности их прямой передачи на удаленные сервера.

### 3. Описание решения

Упрощенная схема измерительной системы представлена на рисунке 1.

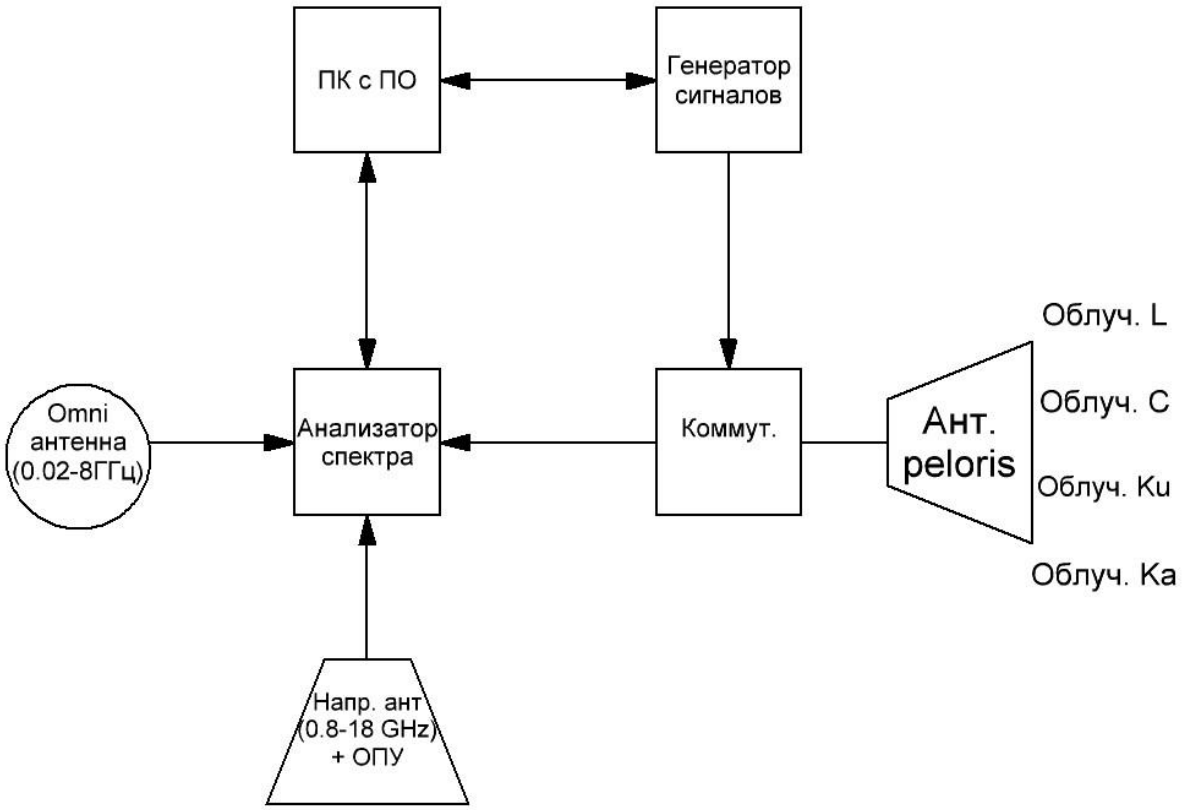



Рис. 1. Внешний вид измерительной системы

Внешний вид измерительной системы представлен на рисунке 2.

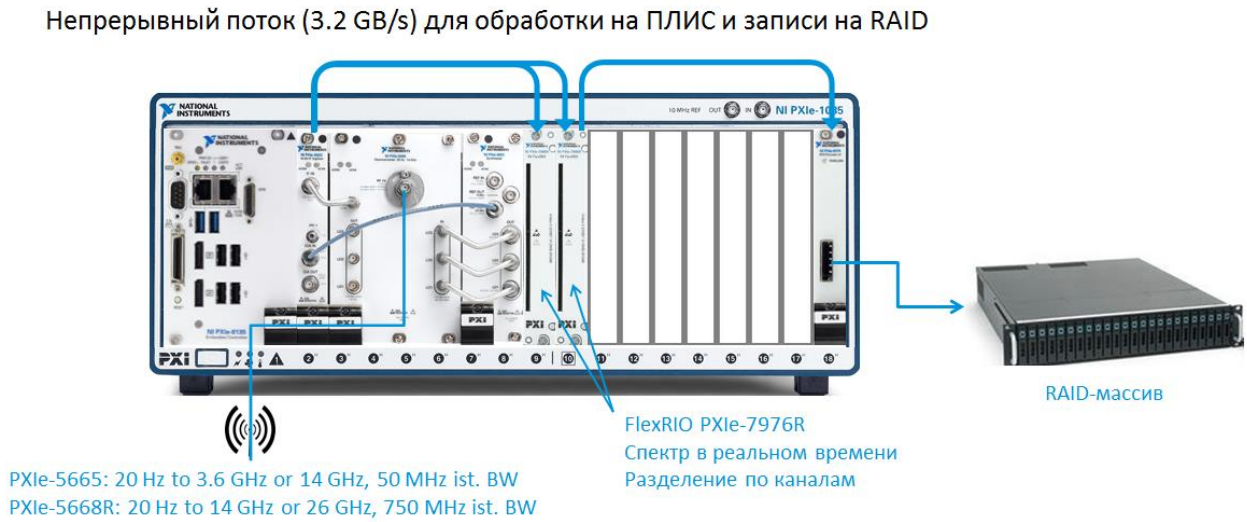



Рис. 2. Упрощенная схема измерительной системы

Для решения задачи спутникового радиомониторинга в системе используется зеркальная антенна типа Peloris 1841. Указанная антенна с помощью сменных облучателей работает в диапазоне

частот 3,4 – 31 ГГц, оснащена поворотным механизмом и обладает высокой скоростью и точностью наведения.

Описанная измерительная система устанавливается на автомобиль типа Mercedes Sprinter, что позволяет решать вышеуказанные задачи в мобильном варианте. Для тестирования радиорелейных линий и работы по спутникам автомобиль должен находиться в неподвижном состоянии. Эти ограничения связаны с требованиями по прецизионному наведению антенных систем на измеряемый объект, а также с необходимостью уменьшения ветровых нагрузок на зеркало антенны. Пока комплекс находится в движении, ведется работа по сканированию радиочастотного спектра в диапазоне до 6 ГГц на предмет поиска помех и незарегистрированных вещателей.

**4. Преимущества решения**

С помощью оборудования NI заказчик получает следующие преимущества:

- Компактность и конфигурируемость, свойственные системам, построенным на PXI платформе
- Обработка на ПЛИС, позволяет обрабатывать входящую информацию в режиме реального времени
- Открытая среда LabVIEW позволяет заказчику дорабатывать систему под изменяющиеся задачи

**5. Внедрение и его перспективы**

Разработанная система в настоящее время проходит согласование с заказчиком и планируется к принятию на вооружение в 2017 году.

**Modern solutions for radio control and networks monitoring**

V.I.Chehutsky, A.A. Smirnov

LLC "Alkor-Kommyunikeyshin", Moscow

*The article deals with the problem of spectrum radio monitoring in order to ensure the safety and improve the quality of different standards of communication and provides the solution to these problems.*

*Keywords: radio monitoring, satellite radio monitoring, radio relay lines, mobile radiosystem*

# СОЗДАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ DAS СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ NATIONAL INSTRUMENTS USRP

Р.А. Андреев, Е.В. Боброва, А.В. Качнов, С.В. Бачевский

*ООО «Гиперион», г. Санкт-Петербург*

*В статье рассматривается возможность создания активной распределенной антенной системы с радиоканалом на основе применения оборудования «USRP-2920» фирмы National Instruments. Приведена, структура объекта исследования. Описаны возможности распределенных антенных систем и причины их использования.*

*Ключевые слова: USRP-2920, DAS, радиомодуль, радиоканал, indoor покрытие, радиочастотный кабель.*

## 1. Постановка задачи

В современном обществе качество связи – является одним из главных факторов, определяющим выбор того или иного оператора сотовой связи потребителем. На сегодняшний день, одной из основных задач для операторов сотовой связи является обеспечение качественного indoor покрытия внутри помещений, таких как торгово-развлекательные комплексы, офисные здания и др. Решение такой задачи позволит владельцу комплекса получить преимущество над конкурентами, а потребителям – получать услуги связи гарантированного качества.

Наиболее перспективным способом обеспечение indoor покрытия является разворачивание распределенной антенной системы Distributed Antenna Systems (DAS). DAS – это сеть с пространственно-разнесенными антеннами, которые подключены к общему источнику сигнала. Основным преимуществом данной системы является возможность ее использования для одновременного обслуживания нескольких операторов и способность поддержания различных технологий и стандартов мобильной связи, в том числе Wi-Fi. Несомненным преимуществом для владельцев комплекса является тот факт, что основное оборудования для обеспечения покрытия мобильной связью и широкополосного доступа располагается в одном помещении – аппаратной [1,2]. По комплексу будут протянуты кабельные трассы, которые легко спрятать, антенные посты имеют небольшие габариты и могут быть легко вписаны в интерьерное пространство, не нарушая его целостности.

Существует несколько вариантов реализации распределенных антенных систем:

- Passive Distributed Antenna System – P-DAS. При реализации такой системы используются: коаксиальный кабель, симметричные и несимметричные делители мощности и антенны малой мощности, то есть пассивные элементы, откуда система и получила свое название. Единственным активным элементом в такой системе является только источник сигнала.

- Active Distributed Antenna System – A-DAS. Принцип ее работы основан на использовании разнесенных активных радиомодулей, которые способны усиливать сигнал, а также множества активных антенн, которые подключаются к радиомодулям при помощи обычного радиочастотного кабеля.

Применение A-DAS обладает рядом преимуществ, по сравнению с P-DAS, поэтому применение этих систем предпочтительнее.

На сегодняшний день антенны DAS подключаются к радиомодулям посредством радиочастотного кабеля.

Рассмотрим возможность замены кабельных линий цифровым беспроводным каналом радиосвязи.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

В процессе отработки системы беспроводной A-DAS была использованы USRP-2920 компании National Instruments работающая в диапазоне 50 МГц – 5 ГГц, что позволяет использовать это устройство для организации радиосвязи стандартов 3GPP, таких как GSM, WCDMA, WiFi, WiMAX и т.д.

**3. Описание решения.**

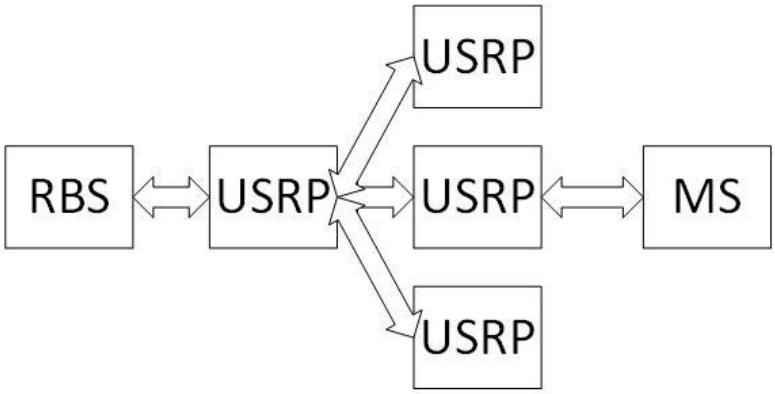



Рис. 1. Структура A-DAS с радиоканалом.

Технология программируемого радио позволяет проводить программную оптимизацию, распределять частоты между антеннами для устранения интерференции, управлять мощностью передатчика, осуществлять управление методами модуляции. Создание сигналов требуемой формы в широком диапазоне частот обеспечивает возможность соответствия существующим и будущим стандартам связи, что актуально при высоких темпах развития технологий.

Для программирования нового оборудования необходимо будет разработать программное обеспечение, основанное на библиотеке LabVIEW, обеспечивающее удаленное управление системой.

Однако, наличие в эфире дополнительного радиопередающего устройства может создать повышенный уровень помех для прочих радиоэлектронных устройств, работающий в помещении. Для изучения влияния беспроводной DAS системы, производится комплекс измерительных испытаний.

**4. Внедрение и его перспективы**

Данная система в настоящий момент не реализована на практике. Однако, она позволит уменьшить количество проводных линий, в том числе волоконно-оптических. В исторических зданиях для прокладки кабельных трасс может потребоваться получение дополнительных разрешений на монтажные работы. Также представленный способ реализации активной DAS облегчит монтаж антенных блоков, а также позволит сократить протяженность кабельных трасс, что благоприятно скажется несущей способности здания и интерьере помещения.

**5. Список литературы**

[1]. Развертывание DAS системы в ТРК «ЛЕТО» [Конференция] / авт. Андреев Р.А. , Боброва Е.В., Качнов А.В. // Материал V международной конференции "АПИНО-2016". - Санкт-Петербург : Издательство "АПИНО-2016", 2016

[2]. Внедрение основных операторов в DAS систему ТРК «Лето» [Конференция] / авт. Андреев Р.А., Гальчин Р.И., Качнов А.В. // V международная научно-техническая и научно-методическая конференция «Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании» (АПИНО-2016), Санкт-Петербург, Россия, 10-11 марта 2016 г.

**CREATING A WIRELESS DAS SYSTEM BASED ON EQUIPMENT NATIONAL INSTRUMENTS USRP**

[6]. R.A. Andreev, E.V. Bobrova[1], A.V. Kachnov[2], S.V. Bachevskiy[2]

*LLC Giperion, Saint-Petersburg, Russia*

*The article discusses the possibility of creating an active distributed antenna system with a radio channel through the use of equipment «USRP-2920» National Instruments company. It shows the structure of the research object. Possibilities of distributed antenna systems and the reasons for their use.**Keywords: USRP-2920, DAS, radiomodule, radio channel, indoor coverage, radiofrequency cable*

# УНИФИЦИКАЦИЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ МИКРОСХЕМ ЦИФРОВОЙ ЛОГИКИ ПРИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ И ФУНКЦИОНАЛЬНОМ КОНТРОЛЕ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ.

А.Р. Шарипова[1,2], А.С. Колосова[1,2], Г.Г. Давыдов[1,2].

*1. АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва, 2. ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, г. Москва,*

*В статье рассматривается процесс реализации унифицированной оснастки, обладающей компактными размерами и возможностью оперативной адаптации для каждого типа цифровых микросхем и применяемой совместно с оборудованием платформы PXI фирмы National Instruments для функционального и параметрического контроля микросхем цифровой логики в условиях внешних воздействующих факторов. Описаны возможности разработанного адаптера.*

*Ключевые слова: PXI, микросхемы цифровой логики, параметрический и функциональный контроль, адаптер объекта, оснастка.*

## 1. Постановка задачи

Компания NI за последние годы значительно расширила ассортимент модульного оборудования, включая готовые системы для тестирования микросхем: STS, система тестирования цифровых и аналоговых компонентов, система тестирования высокоскоростных АЦП. Все эти системы основываются на базовых модулях измерения и шасси. Модули формируются с учетом требования заказчика и непосредственно поставленной задачи.

Система STS(Semiconconductor Test Systems) сочетает в себе модульные измерительные приборы и системы проектирования программного обеспечения. STS оборудованы оснасткой, которая находится в корпусе системы. На рис.1 представлен внешний вид STS. Система универсальная, подходит для аналоговых, цифровых, смешанных электронных компонентов, также СВЧ. Но такая система тестирования не подходит для реализации исследований при воздействии внешних факторов, т.к. надо исследовать большое количество типов микросхем удаленно. STS имеет много плюсов для тестирования серийного производства и для проверки работоспособности микросхем, но не для удаленных исследований при большом разнообразии типов. Также система STS обладает большими габаритами, что затрудняет работу на установках.[1]

Система тестирования цифровых и аналоговых электронных компонентов создается путем правильно подобранного оборудования: модули, шасси, программное обеспечение. Но она не включает в себя оснастку микросхемы (адаптер объекта и плату задания режима). Следовательно, эта система не может быть использована без доработки для исследований, где необходима постоянная смена типов объектов.

Система тестирования высокоскоростных АЦП предназначена для функционального и параметрического контроля динамических и статических параметров. На рис.2 представлен внешний вид системы тестирования высокоскоростных АЦП. В этой системе существует оснастка на корпусе шасси, но такое расположение оснастки очень неудобно при необходимости обеспечить дистанционные измерения параметров.



Рис.1. Внешний вид STS



Рис.2 Внешний вид системы тестирования высокоскоростных АЦП

Выше описанные системы позволяют тестировать широкий спектр параметров микросхем и ориентированы на тестирование в процессе серийного производства. Но для исследований микросхем в условиях внешнего воздействия кроме приборов для измерения необходимо иметь мобильную и унифицированную оснастку.

Целью данной работы являлась разработка и реализация унифицированного адаптера объекта для функционального и параметрического контроля микросхем цифровой логики в условиях внешних воздействующих факторов, обладающего компактными размерами и возможностью оперативной адаптации для каждого типа микросхемы.

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание платы задания режима объекта было реализовано в системе автоматизированного проектирования P-Cad. Спроектирована унифицированная оснастка, позволяющая с применением минимального количества коммутируемых линий подключить исследуемый объект к платформе NI PXI с модулями NI-4110 (источника питания), NI-4071 (мультиметра), NI-2529 (релейного переключателя), NI-6229 (плата сбора данных, содержащая 32-х канальный аналоговый вход), NI-6723 (32-х канальный аналоговый выход). Данная конфигурация модулей оптимальна для задач исследования и тестирования микросхем цифровой логики. Создание специализированного программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012 [2].

**3. Описание решения**

Плата задания режима представляет собой две печатные платы (рис. 3 и 4), соединенные с помощью межплатных соединителей.

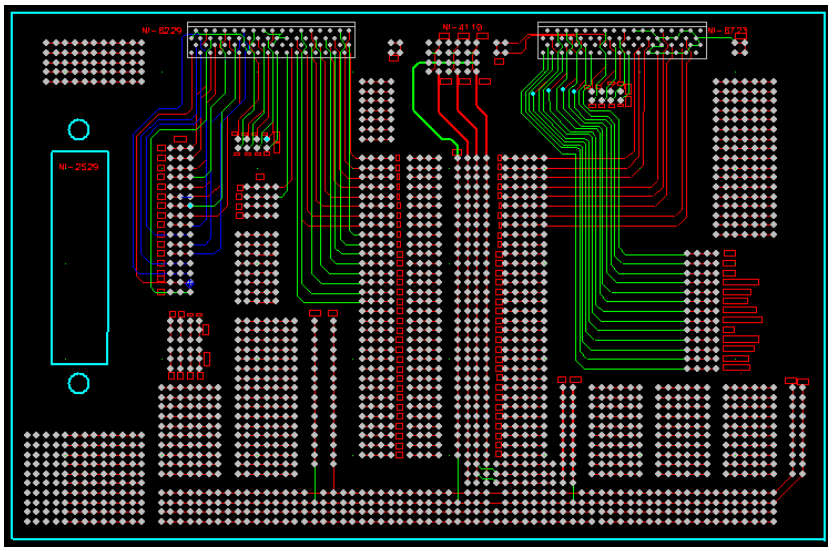



Рис.3. Верхний уровень унифицированной оснастки

На плате верхнего уровня предусмотрены выводы сигналов с модулей NI-6229, NI-6723,NI-4110,NI-2529. Все модули подключаются к оснастке стандартными кабелями длиной до 2м. На плате предусмотрены несколько коммутационных областей для подключения дополнительных компонентов, обеспечивающих задание электрического и функционального режима объекта во время воздействия и измерения параметров. Объект исследований подключается к плате задания режима с помощью адаптера, позволяющего поместить объект в поле внешнего воздействия, а также дистанционно (не извлекая объект из установки воздействия) устранять неполадки и коммутировать дополнительные приборы для измерения параметров.

Оснастка предназначена для автоматического получения информации об объекте измерений через модули комплекса и хранения данных об объекте в персональном компьютере. Она удовлетворяет требованиям мобильности, малых габаритов, унификации.

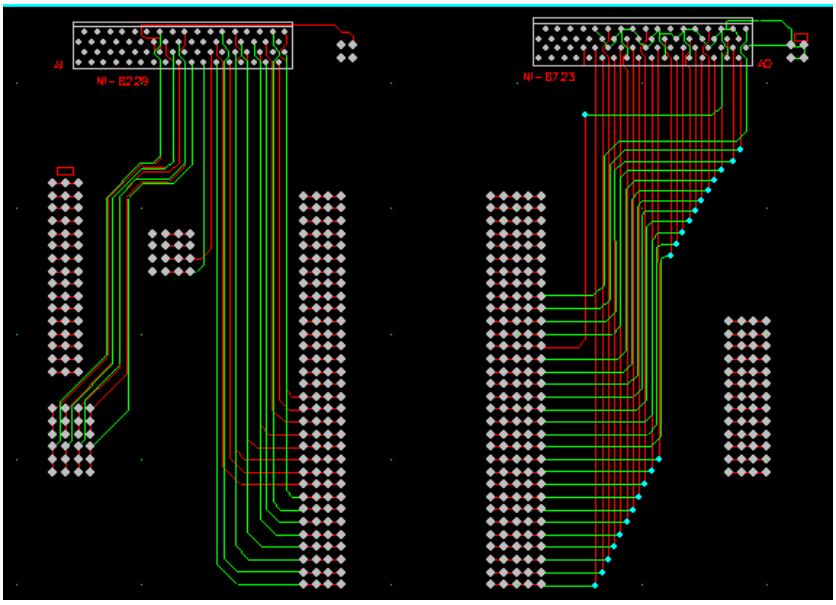



Рис.4 Нижний уровень унифицированной оснастки

**4. Внедрение и его перспективы**

Унифицированная оснастка реализована и апробирована в АО «СПЭЛС», г. Москва. Оснастка сопряжена с автоматизированным испытательным комплексом [3]. Планируется внедрение разработанной системы в процесс испытаний номенклатуры цифровых микросхем при воздействии внешних факторов.

**5. Список литературы**

[1] http://www.ni.com – раздел на сайте National Instruments

[2]. А.С.Колосова, Г.Г.Давыдов, Л.Н.Кессаринский «Автоматизация радиационных исследований приемопередатчиков стандарта RS-485»//Научн.-техн. Сборник «Радиационная стойкость электронных систем «Стойкость-2014»

[3]. А.С.Колосова, А.Р. Шарипова, Г.Г.Давыдов «Автоматизированный испытательный комплекс контроля параметров и функционирования логических микросхем» Сборник научных трудов IV Всероссийского молодежного Форума с международным участием.

## UNIFIED CONNECTION OF DIGITAL CIRCUITS FOR CONTROL PARAMETRIC CHARACTERIZATION AND FUNCTIONAL IN CONDITIONS EXTERNAL INFLUENCES.

A.R. Sharipova[1,2], A.S. Kolosova[1,2], G.G. Davydov[1,2]

*1. JSC «SPELS», Moscow, Russia*

*2. IEAE NRNU MEPHI, Moscow, Russia*

*This article discusses the implementation process of an unified rig which has compact size and can be quickly adapted to the each type of digital ICs combined with National Instruments PXI equipment for functional and parametric control of the epysimple logic integrated circuits at external influencing factors. The possibilities developed adapter are described.*

*Keywords: PXI, logic integrated circuits, parametric and functional control, adapter of object, rig.*

# УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ПРИБОРАДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ

Г.А. Березовская, Ю.В. Морозов

*НГТУ, г. Новосибирск*

*В статье рассматривается компьютерная измерительная система для измерения частотной зависимости коэффициента стоячей волны СВЧ тракта. Усовершенствовано программное обеспечение виртуального прибора для считывания показаний с цифровых измерителей мощности падающей и отраженной волны и визуализации частотной характеристики тракта. Работоспособность виртуального прибора была подтверждена путем экспериментального исследования зависимости КСВ от частоты для полосковой линии, состоящей из медной фольги в качестве проводника и фторопласта в качестве диэлектрика.*

*Ключевые слова: виртуальный прибор, мощность, коэффициент стоячей волны, интерфейс, СВЧ.*

## 1. Постановка задачи

Применение технологии виртуальных приборов в лабораторном практикуме по метрологии и радиоизмерениям позволяет студенту в наглядной форме изучать процессы преобразования радиочастотных сигналов в СВЧ трактах. В [1] предложен виртуальный прибор для управления одним СВЧ ваттметром. В [2] представлен виртуальный прибор для измерения КСВ, в состав которого входит два СВЧ-ваттметра. В процессе внедрения разработанного виртуального прибора в учебный процесс требуется доработка программного обеспечения. В настоящей работе предложен ряд усовершенствований лицевой панели и функциональности виртуального прибора для измерения КСВ.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Рассматриваемый виртуальный прибор, спроектированный в LabVIEW, управляет измерением падающей на объект измерений и отраженной от него мощности через USB интерфейс и строит на базе результатов измерения мощностей зависимости КСВ от частоты[2]. Поскольку в качестве источника СВЧ колебаний используется аналоговый генератор, измерения выполняются в полуавтоматическом режиме.

## 3. Описание решения

На рис. 1 приведена усовершенствованная лицевая панель виртуального прибора для исследования зависимости КСВ от частоты.

На лицевой панели виртуального измерительного прибора расположены несколько элементов управления и индикаторов. Далее они будут описаны более подробно.

Одними из самых важных элементов управления являются выпадающие списки для выбора адресов ваттметров для измерения мощности падающей и отраженной волны. Только при выборе корректных адресов возможно установление физического соединения компьютера с ваттметрами. Эти адреса виртуальных COM-портов преобразуются драйверным программным обеспечением в реальные адреса имеющихся у компьютера USB-портов.

Для снятия зависимости КСВ от частоты важную роль играют элементы управления для задания диапазона перестройки частот с шагом 0,02 мкВт. Поскольку генератор не поддерживает компьютерный интерфейс, и перестройка частоты осуществляется вручную, переход от одной частоты к другой необходимо контролировать с помощью индикатора номера значения частоты и светодиодных индикаторов, которые указывают на текущее значение частоты для предотвращения ошибок оператора. Смена значения частоты осуществляется с помощью кнопки «Следующее значение». После нажатия на эту кнопку на индикаторах отображаются текущие значение мощности и зафиксированные усредненные значения мощности, которые участвуют в формировании зависимости КСВ от частоты. Усреднение мощности выполняется ваттметрами автоматически, причем количество усреднений определяется уровнем измеряемой мощности. Если оператору необходимо снять зависимость КСВ от частоты в другом частотном диапазоне, а также перестройки частот с другим шагом необходимо в ручном режиме заполнить таблицу частот и провести опыты.

Значения частоты задаются на лицевой панели в вещественном формате. Для каждого заданного значения частоты формируется команда изменения значения частотной коррекции ваттметра, которая состоит из служебного префикса и номера значения частотной коррекции.

Для отображения результатов измерений служит осциллографический экран с отображением графика зависимости КСВ от частоты. Для отображения результатов расчетов на основе полученной зависимости предназначен интерфейс с результатами расчетов, где показаны расчеты по графику точка минимума (КСВ0 и F0, ГГц) частоты перестройки F1 и F2 (ГГц), КСВ1 для уровня половинной энергии, запасенной в колебательной системе в момент резонанса, а также нагруженную и собственную добротности [2].

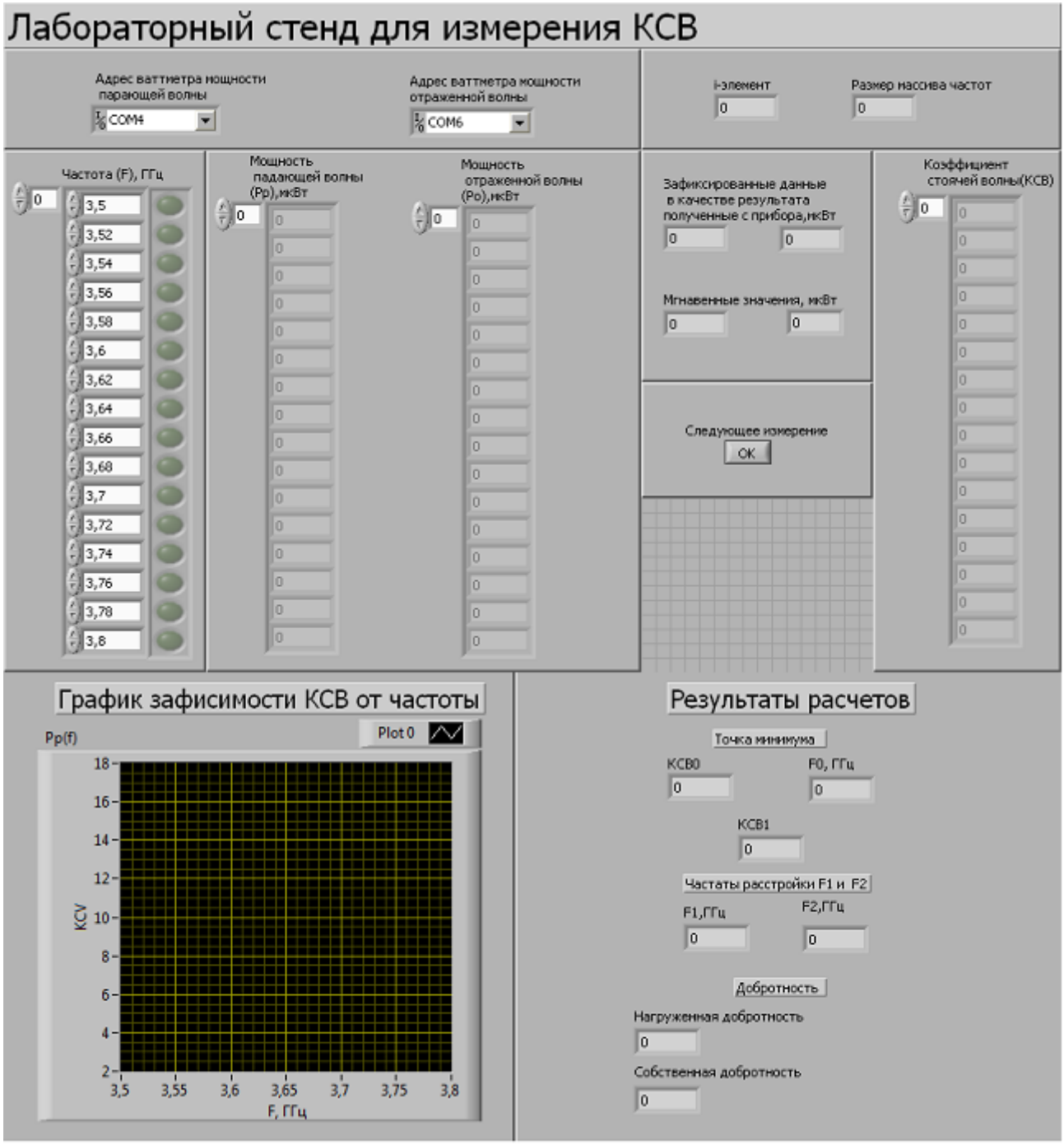



Рис. 1. Усовершенствованная лицевая панель виртуального прибора для измерения КСВ.

**4. Внедрение и его перспективы**

Совершенствование виртуального прибора для снятия зависимости КСВ от частоты позволит в дальнейшем более широко применять его в лаборатории метрологии и радиоизмерений НГТУ как для проведения лабораторных работ, так и физических экспериментов при выполнении экспериментальной части выпускной квалификационной работы бакалавра или магистра. Дополнение данного виртуального прибора цифровым СВЧ генератором позволит полностью автоматизировать снятие зависимости КСВ от частоты.

**5. Список литературы**


[1]. Морозов Ю. В. Компьютерный лабораторный стенд по изучению цифрового метода измерения СВЧ-мощности / Ю. В. Морозов, Р. Н. Козин // Известия высших учебных заведений. Физика. - 2013. – Т.56, № 10/3. – С. 121–123.

[2]. Морозов Ю. В. Учебная измерительная система для исследования коэффициента стоячей волны // Инженерные и научные приложения на базе технологий NI NIDays – 2015 : сб. тр. 14 междунар. науч.-практ. конф., Москва, 27 нояб. 2015 г. – Москва : ДМК-пресс, 2015. – С. 162–164.


**Standing Wave Ratio Measurement Virtual Instrument Software Improvement**


G.A. Berezovskaya,Y.V. Morozov

*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia*



*The paper considers computer-based measurement system for measuring standing wave ratio frequency response of an ultra-high frequency channel. The software of the virtual instrument for data reading from digital power meters of the falling and reflected wave and visualization of the channel frequency response has been improved. The efficiency of the virtual instrument has been confirmed by experimental studies of the standing wave ratio dependence on frequency for the strip line, consisting of a copper foil as a conductor and teflon as dielectric.*



*Keywords: virtual instrument, power, standing wave ratio, interface, microwave radiation.*

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСНОВНОЙ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ ЛИСТОВОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ

В.В. Боровой[1], А.И. Кучер[1]

*1. ФГБОУ ВО ЮРГПУ(НПИ) им. М.И.Платова, г. Новочеркасск*

*В статье рассматривается устройство для контроля магнитных характеристик листовой электротехнической стали, реализованное с применением модуля NI USB-6251 фирмы National Instruments в среде создания виртуальных приборов LabVIEW.*

*Ключевые слова: NI USB-6251, LabVIEW, магнитная характеристика, листовая электротехническая сталь, контроль.*

## 1. Постановка задачи

Контроль магнитных характеристик листовой электротехнической стали, листовых заготовок (карт), листовых деталей электротехнического изделия, например трансформатора или электродвигателя, становится актуальным при решении задач повышения эффективности использования магнитных материалов в электротехническом изделии (уменьшение массы, размеров изделия) и при улучшении эксплуатационных характеристик электротехнического изделия (повышение КПД) [1].

Работа посвящена разработке и исследованию устройства, позволяющего определить характеристику материала детали из листовой электротехнической стали в виде основной кривой намагничивания. Мониторинг основной кривой намагничивания материала листовой электротехнической стали, в процессе ее обработки, позволит сформировать управляющие воздействия технологического процесса производства электротехнических изделий, направленные на сохранение высоких магнитных свойств листовых деталей.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

В реализации устройства для контроля основной кривой намагничивания листовой электротехнической стали использован модуль ввода вывода NI USB-6251 [2] и программное обеспечение в среде графического программирования NI LabVIEW 2013.

## 3. Описание решения

Структурная схема устройства для контроля основной кривой намагничивания листовой электротехнической стали представлена на рис.1.

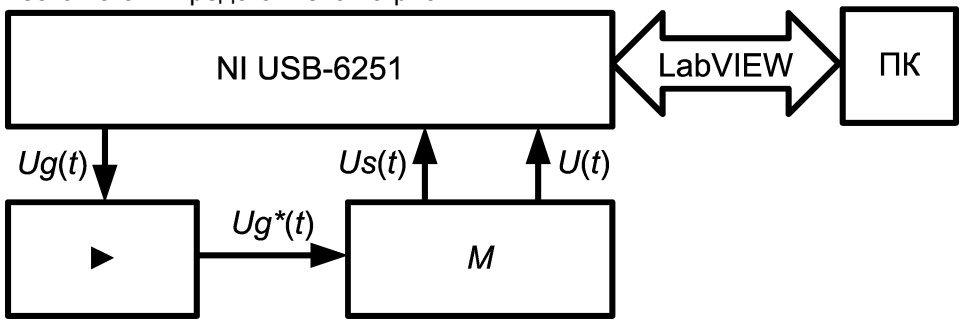



Рис. 1. Структурная схема устройства для контроля основной кривой намагничивания листовой электротехнической стали

На рисунке 1 представлены: NI USB-6251 – модуль ввода вывода; LabVIEW – среда графического программирования; ПК – персональный компьютер; «►» – усилитель переменного напряжения; *M* – магнитная цепь, состоящая из преобразователя магнитного потока и детали листовой электротехнической стали.

Преобразователь магнитного потока устанавливается на контролируемую деталь листовой электротехнической стали [3, 4]. Деталь изготовлена из листовой электротехнической стали марки

3413, размер детали 150×150×0,35 мм. Контактная часть преобразователя ориентирована относительно детали таким образом, что определяются магнитные свойства вдоль направления проката. В программе контроля задаются параметры: $A_{fe}$=3,5·10$^{-6}$ м$^2$ – площадь поперечного сечения контролируемого участка листовой детали; $L_{fe}$=0,0455 м – длина контролируемого участка листовой детали; $K_B$=0,63 и $K_H$=0,40 – масштабные коэффициенты по магнитной индукции и напряженности магнитного поля. Кроме этого задаются число точек контролируемой основной кривой намагничивания, приращение амплитуды синусоидального сигнала *Ug*(*t*) на выходе ЦАП NI USB-6251, начальное значение амплитуды синусоидального сигнала на выходе ЦАП, входной текстовый файл с референтной кривой намагничивания материала листовой электротехнической стали марки 3413 [5]. Сигнал напряжения *Ug*(*t*) ЦАП частотой 50 Гц поступает на вход усилителя «►». Сигнал *Ug**(*t*) с выхода усилителя поступает в первичную обмотку *Wp* преобразователя магнитного потока. Сигнал *Us*(*t*) вторичной обмотки *Ws* преобразователя магнитного потока поступает на вход АЦП NI USB-6251, выполняется его интегрирование и преобразование в сигнал потокосцепления Ψ(*t*). Ток первичной обмотки преобразователя магнитного потока определяется образцовым сопротивлением *R*. Сигнал напряжения *U*(*t*) образцового сопротивления поступает на вход АЦП NI USB-6251. Таким образом, формируется вебер-амперная характеристика, которая рассчитывается в *B*(*H*)-характеристику по формулам:

$$H(t)=\frac{U(t)\cdot W_p}{R\cdot L_{fe}}\cdot K_H,\qquad B(t)=\frac{\Psi(t)}{W_s\cdot A_{fe}}\cdot K_B,\qquad \Psi(t)=\int U_s(t)dt.$$

Определение основной кривой намагничивания выполняется по вершинам частных циклов перемагничивания. Рассчитанная основная кривая намагничивания сравнивается с референтной кривой по методике описанной в [6]. Суть методики заключается в определении нормированного расстояния δ от некоторой точки на расчетной кривой до касательной к заданной кривой, проведенной в окрестности этой точки. Результаты контроля (рис. 2) сохраняются в текстовый файл.

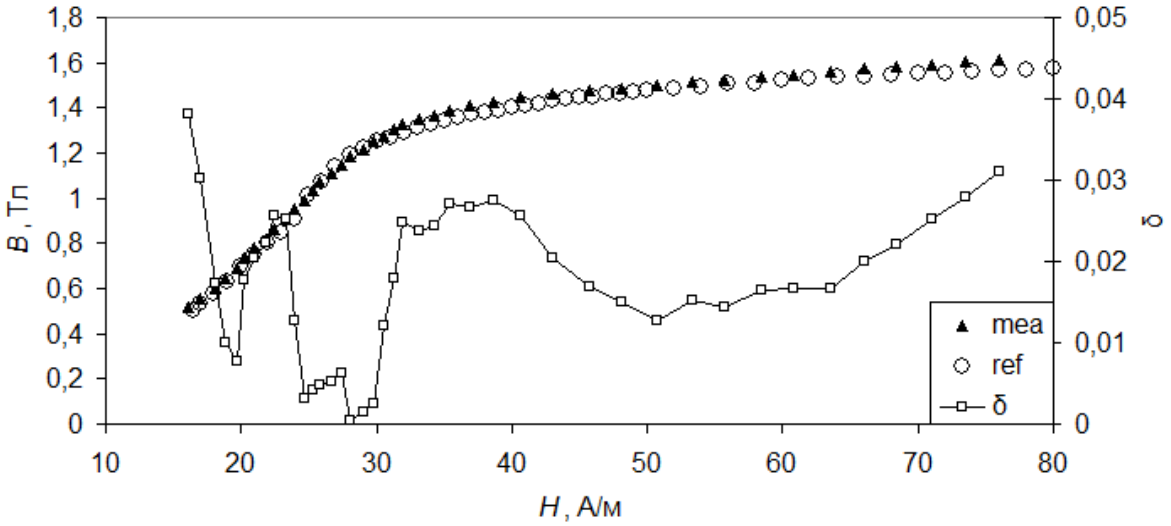



Рис. 2. Результат контроля основной кривой намагничивания

На рисунке 2 представлены: «mea» и «ref» – измеренная и референтная кривые намагничивания, δ – кривая ошибки, результат сравнения кривых «mea» и «ref».

Кривая δ не превышает значений 0,05, это говорит о том, что измеренная кривая «mea» идентична референтной кривой «ref», таким образом, материал контролируемой листовой детали соответствует марке стали 3413. Аналогичным образом выполняется контроль листовых деталей из других марок электротехнической стали.

**4. Внедрение и его перспективы**

Устройство применяется в рамках диссертационной работы на соискание ученой степени кандидата технических наук по теме «Устройство экспресс-контроля магнитных свойств листовой стали для систем управления производством электротехнических изделий». Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 16-38-00534 мол_а.

**5. Список литературы**


[1]. Tang Q., Wang Z.D., Jarman P. Electrical Steels and Power Transformer Cores in Deep Saturation // International Conference on Condition Monitoring and Diagnosis. Bali, 23-27 September 2012. P. 1035.

[2]. NI USB-6251 Screw Terminal // National Instruments. 2016. – URL: http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/202802 (дата обращения: 24.10.2016).

[3]. Боровой В.В., Горбатенко Н.И., Гречихин В.В. Измерительный преобразователь магнитного потока для устройств экспресс-контроля магнитных характеристик листовой электротехнической стали // Металловедение и термическая обработка металлов. – 2014. – № 11. – С. 39-43.

[4]. Патент РФ № 2551639, кл. G01N 27/72. (2015).

[5]. Молотилов Б.В. Холоднокатаные электротехнические стали. М.: Металлургия, 1989. 168 с.

[6]. Антонов В. Г. Средства измерений магнитных параметров материалов. Л.: Энергоатомиздат, 1986. 216 с.


## DEVICE FOR THE CONTROL OF MAIN MAGNETIZATION CURVE OF ELECTRICAL SHEET STEE


V.V. Borovoy[1], A.I. Kucher[1]

*1. Platov South Russia State Polytechnic University, Novocherkassk, Russia*



*The article deals with a device for controlling the magnetic characteristics of electrical sheet steel, implemented using NI USB-6251 module of National Instruments company in the LabVIEW environment.*



*Keywords: NI USB-6251, LabVIEW, magnetic characteristic, electrical steel sheet, control.*

# УСТРОЙСТВО СБОРА И ОБРАТИМОГО СЖАТИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МОДУЛЯ R-СЕРИИ

С.В. Левонюк

*Южный Федеральный университет, г. Таганрог*

*В статье рассматривается устройство сбора и обратимого сжатия данных, реализованное на основе модуля PXI-7854R фирмы National Instruments. Рассмотрены особенности виртуальных приборов, реализуемых модулем PXI-7854R и контроллером PXI.*

*Ключевые слова: платформа PXI, сжатие данных, модуль R-серии*

## 1. Постановка задачи

В связи со сложностью современных объектов управления необходимо контролировать большое количество параметров данных объектов. При этом объем поступающей измерительной информации оказывается значительным. В то же время основная доля данной информации является избыточной, поэтому актуальной становится задача сжатия данных. Основной интерес представляет обратимое сжатие на основе апертурных интерполяционных и экстраполяционных алгоритмов нулевого и первого порядков, в результате которого исходные сигналы могут быть в дальнейшем восстановлены как функции времени с заданной погрешностью[1].

В работе рассматривается возможность использования для сжатия данных платформы PXI, включающей модуль R-серии. Разработка устройства сжатия выполнялась в рамках опытно-конструкторской работы Федеральной космической программы России.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для реализации устройства сжатия была использована платформа NI PXI на основе шасси NI PXIe-1085 с контроллером NI PXIe-8135 и модулем PXI-7854-R[2].

Создание программ осуществлялось в среде NI LabVIEW 2013 с использованием программного модуля LabVIEW FPGA.

## 3. Описание решения

Модуль PXI-7854-R, имеющий 8 аналоговых входов, позволяет реализовать восьмиканальное устройство сбора и сжатия данных. При этом имеется возможность передачи сжатых данных либо в удаленное устройство хранения по каналу связи, используя при этом дополнительный модуль передатчика, либо – в контроллер PXI, выполняющий функции хранения, восстановления и отображения сжатой информации.

На рис.1, в качестве примера, приведена блок-диаграмма виртуального прибора FPGA VI1, реализующего на основе модуля PXI-7854-R одноканальный сбор и сжатие по методу экстраполяции нулевого порядка. При этом сжатые данные предназначены для выдачи в модуль-передатчик.

Устройство сжатия содержит регистр существенных выборок (Y1), регистр времени от предыдущей существенной выборки до текущей входной выборки (T1), буфер для согласования неравномерного по времени потока сжатых данных с синхронным каналом связи (FIFO1) и регистр формирования синхроимпульсов готовности данных на выходе буфера FIFO (S1). Входной сигнал поступает на линию AI0 разъема Connector0, сжатые данные совместно со служебной информацией выдаются в порты PORT0 и PORT1 разъемов Connector0 и Connector1, а синхроимпульсы готовности данных на выходе буфера FIFO – на линию DIO16 разъема Connector1. Для тестирования устройства сжатия используется генератор функции, заданной в виде таблицы. Сформированный генератором сигнал выдается на линию AO0 разъема Connector0 и используется для задания входных данных на этапе тестирования.

На лицевой панели прибора задается номер датчика, максимальное время между неизбыточными отсчетами, погрешность сжатия, частота опроса датчика и частота считывания из буфера FIFO.

На панели отображаются входной сигнал, сжатые данные и погрешность сжатия-восстановления.

На рис.2 представлены временные диаграммы входного тестового сигнала (плавная кривая), восстановленного после сжатия сигнала (ступенчатая кривая), а также погрешность сжатия-восстановления данных.

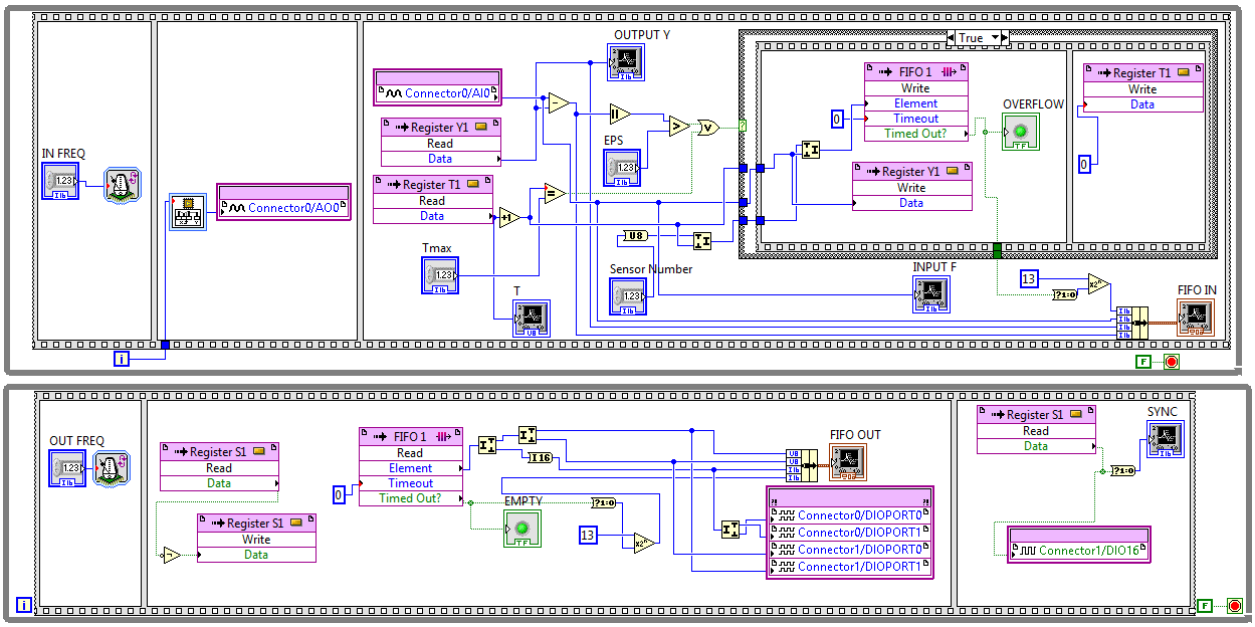



Рис. 1. Блок-диаграмма прибора FPGA VI1 с выдачей сжатых данных в модуль-передатчик.

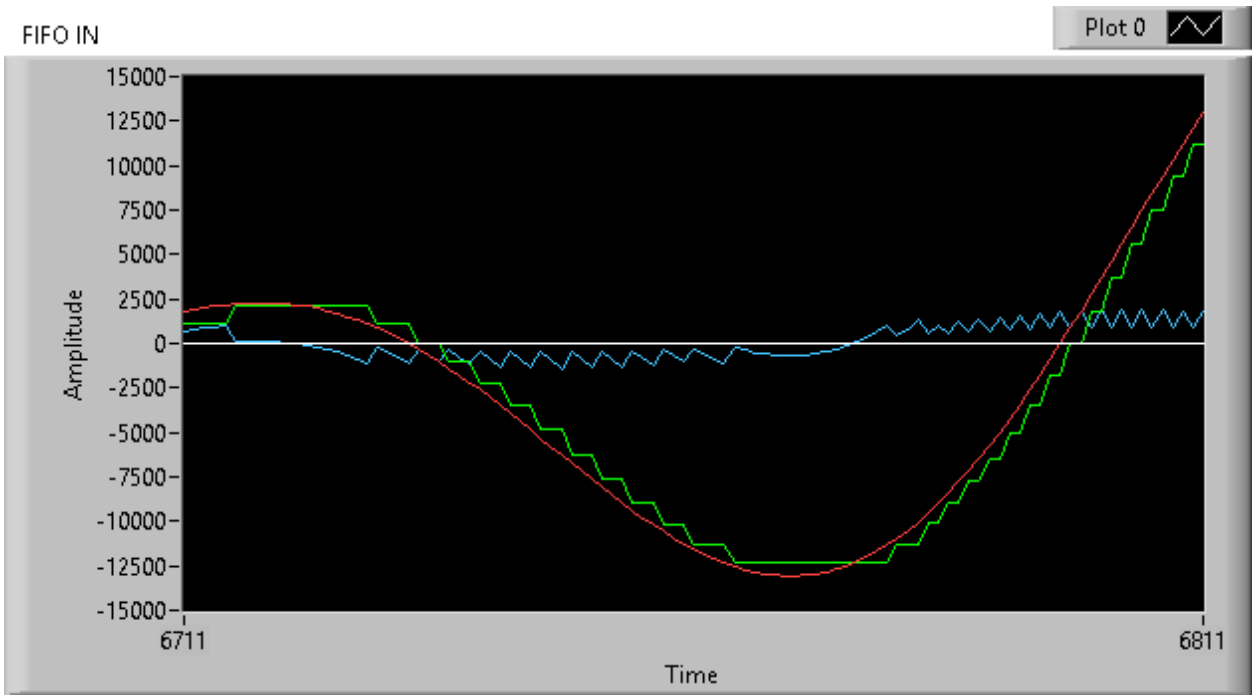



Рис.2. Временные диаграммы при исследовании устройства сжатия.

На рис.3 приведена блок-диаграмма виртуального прибора FPGA VI2, реализующего на основе модуля PXI-7854-R одноканальный сбор, сжатие и последующую передачу данных в контроллер PXI.

Выдача данных в память контроллера производится в режиме ПДП с использованием буфера FIFO2.

При этом виртуальный прибор Host VI (рис.4), реализованный на основе контроллера, используется для запуска прибора FPGA VI2 , приема и отображения сжатых данных с соответствующей служебной информацией.

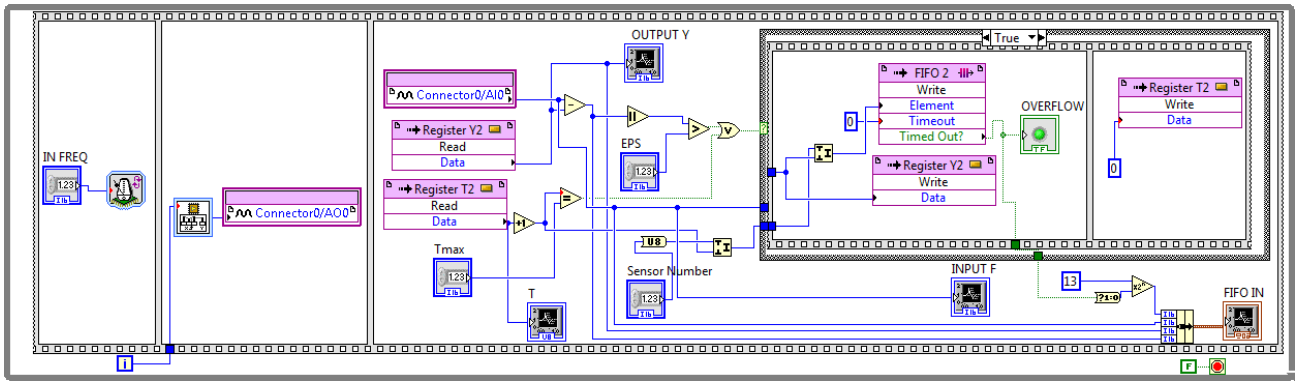



Рис. 3. Блок-диаграмма прибора FPGA VI2 с выдачей сжатых данных в контроллер PXI.

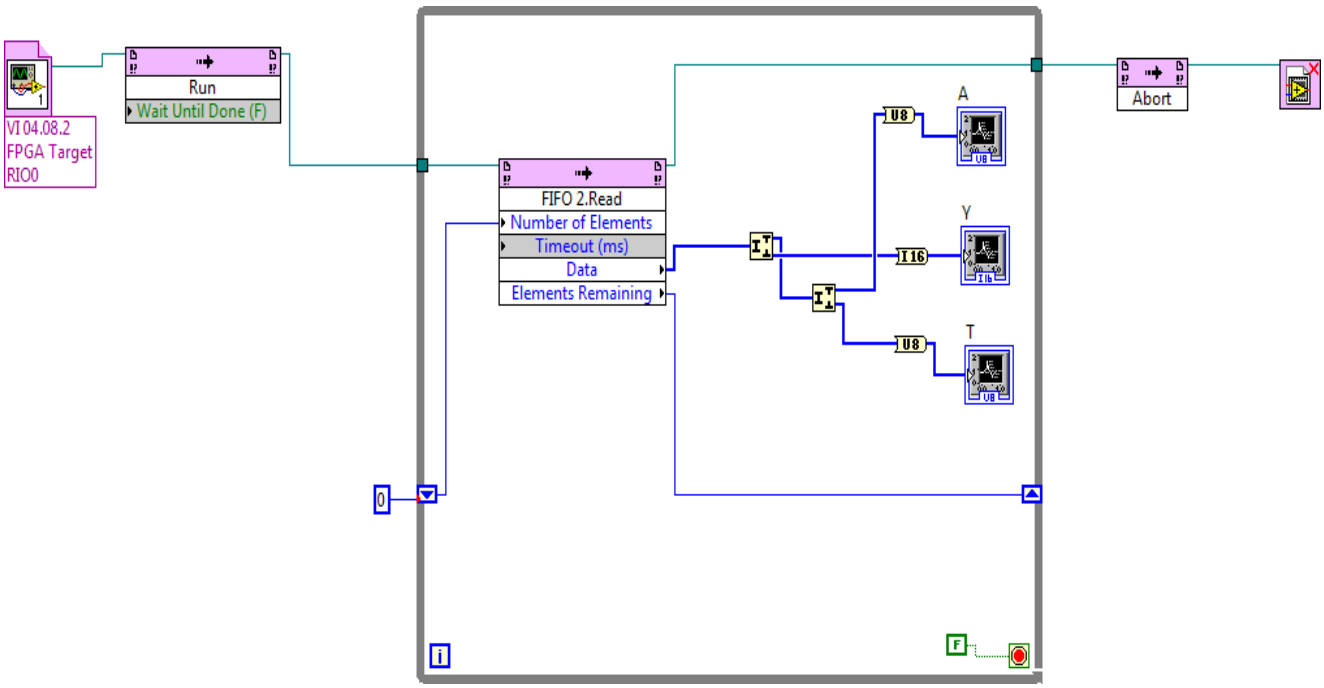



Рис. 4. Блок-диаграмма прибора Host VI

**4. Внедрение и его перспективы**

Устройство сбора и сжатия разработано на кафедре «Информационных измерительных технологий и систем» института нанотехнологий, электроники и приборостроения Южного Федерального университета и внедрено в научно-исследовательском центре ракетных и космических технологий Российской академии космонавтики им. К.Э. Циолковского.

**5. Список литературы**

[1]. Левонюк С.В. Совместное моделирование устройства сбора и обратимого сжатия измерительной информации в среде LabVIEW и в системе Multisim: Сборник трудов XII международной научно-практической конференции «Инженерные и научные приложения на базе технологий NI-2013», Москва 28-29 ноября, 2013, с.278-280.

[2]. R-Series Intelligent DAQ, 2016, www.ni.com

**R-SERIES MODULE DATA COMPRESS DEVICE**

S.V. Levoniuk

*South Federal University, Taganrog, Russia*

*The article discusses the data compress device based on R-Series module. FPGA VI and Host VI are described.*

*Keywords: PXI, data compress, R-Series module*

# ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ВВЕДЕНИЯ ИГЛЫ В КРОВЕНОСНЫЙ СОСУД МЕТОДОМ КОМБИНИРОВАННОЙ ОПТОАКУСТИЧЕСКОЙ И ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ

А.С. Бычков[1,2], В.П. Зарубин[1,2], А.А. Карабутов[1,3], В.А. Симонова[4], Е.Б. Черепецкая[1]

*1. Московский Горный Институт, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*

*2. Физический Факультет, МГУ имени М.В.Ломоносова, г. Москва,*

*3. Международный учебно-научный лазерный центр, МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва,*

*4. Институт проблем лазерных и информационных технологий Российской академии наук, Московская область, г. Шатура*

*В настоящей работе описывается универсальный программно-аппаратный комплекс для исследований в области комбинированной оптоакустической и лазерно-ультразвуковой томографии реального времени. Система сбора и первичной обработки данных основана на архитектуре NI FlexRIO. Приведены результаты апробации комплекса на задаче диагностики введения иглы в модель кровеносного сосуда.*

*Ключевые слова: NI FlexRIO, NI 5752, NI PXIe-7962R, NI PXIe-1071, лазерно-ультразвуковая и оптико-акустическая томография, фазированные решетки сфокусированных приемных элементов, обработка сигналов в режиме реального времени.*

## 1. Постановка задачи

В настоящее время актуально развитие современных методов неинвазивной диагностики биологических объектов, например, кровеносных сосудов, в режиме реального времени. При этом необходимо повышение качества диагностики за счет получения количественной информации об исследуемом объекте при сохранении высокого пространственного разрешения, где наиболее перспективным является комбинированное использование оптико-акустической (ОА) и лазерно-ультразвуковой (ЛУ) томографии.

ОА томография [1-3] основана на возбуждении акустических сигналов лазерным импульсом в среде с неоднородностью коэффициента поглощения оптического излучения и их детектировании с высоким временным разрешением. По зарегистрированным сигналам производится восстановление распределения коэффициента поглощения в среде. ОА томография характеризуется высокой контрастностью получаемых изображений.

ЛУ диагностика [1,3] предполагает генерацию широкополосного зондирующего ультразвукового импульса лазерным импульсом, поглощаемым в специальном ОА генераторе, и регистрацию рассеянного ультразвукового сигнала с высоким временным разрешением. По зарегистрированным сигналам далее производится восстановление распределения рассеивателей в среде. В связи с малой длительностью зондирующего ультразвукового импульса обеспечивается высокое пространственное разрешение данного метода диагностики, которое может быть лучше, чем в традиционной ультразвуковой томографии. ЛУ диагностика является уникальным методом неразрушающего контроля различных материалов и промышленных изделий [3-5]. Высокая точность измерения скорости звука ЛУ методом позволяет диагностировать остаточные напряжения в изделиях [5]. Апериодичность зондирующего импульса и оптимизация приемной системы позволяет существенно сократить размеры «мертвой зоны», что позволяет диагностировать приповерхностные дефекты [3].

В медицинской практике широко распространены операции, связанные с инъекцией различных препаратов непосредственно в кровеносные сосуды. Известно, что данные медицинские манипуляции зачастую сопряжены с рядом сложностей: сосуды имеют глубокое залегание и плохо пальпируются, игла не с первого раза вводится в выбранный сосуд, выбранный сосуд оказывается слишком тонким для данной иглы, при введении иглы в сосуд часто повреждается вторая стенка сосуда. В этой связи актуальна разработка устройства, позволяющего диагностировать положение сосудов и заранее подбирать удобные по форме сосуды для внутривенных манипуляций.

В связи с этим была проделана расчетно-экспериментальная работа, включающая: 1) разработку программно-аппаратного комплекса для комбинированной ОА и ЛУ томографии в режиме реального

времени; 2) апробацию разработанного томографа на моделях кровеносных сосудов; 3) исследование возможности диагностики введения терапевтических игл в сосуды в режиме реального времени.

**2. Описание решения**

Структурная схема экспериментальной установки представлена на рис. 1.

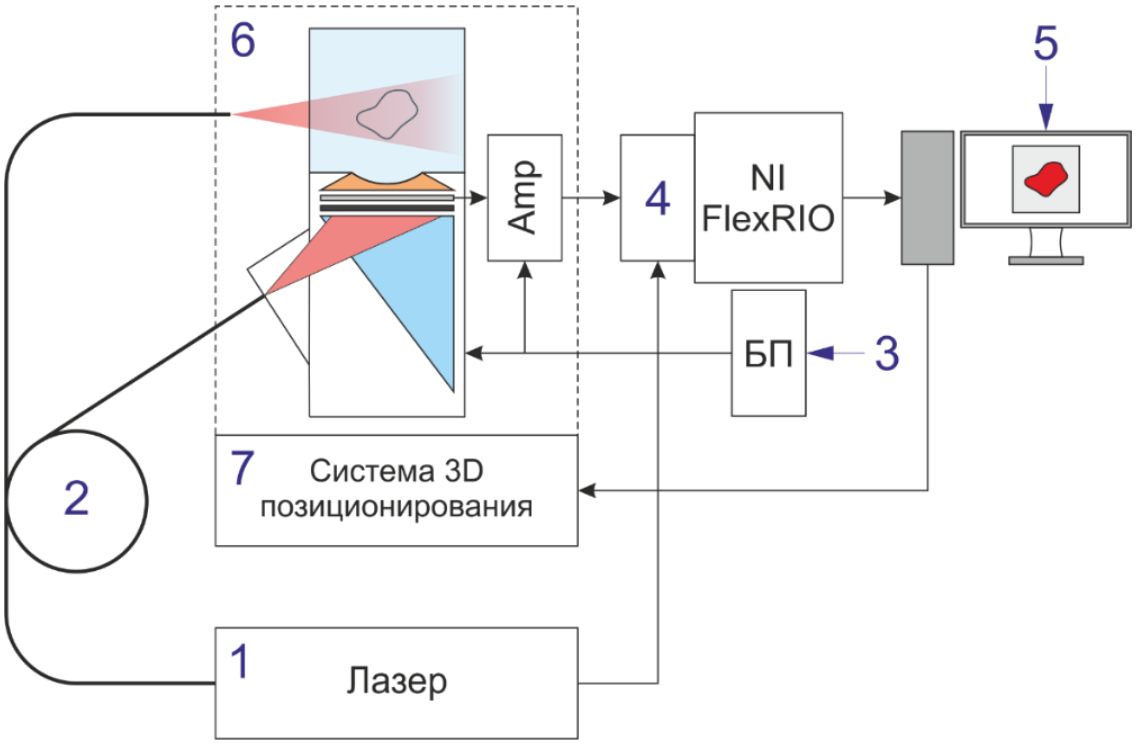



Рис. 1. Схема многоканальной системы для лазерной ультразвуковой и оптико-акустической томографии (1 – лазер, 2 – система доставки лазерного излучения, 3 – блок питания, 4 – система сбора и обработки экспериментальных данных, 5 – персональный компьютер, 6 – многоканальная приемная антенна [3,6], 7 – система трехмерного позиционирования).

Для преобразования многоканальных электрических сигналов в режиме реального времени использовался блок на основе модульной архитектуры NI FlexRIO. Он состоит из трех основных компонентов: 1) адаптерного модуля NI 5752, который имеет 32 аналоговых входа, 16 цифровых выходов и 2 цифровых входа; 2) модуля с ПЛИС NI PXIe-7962R, оснащенного ПЛИС Xilinx Virtex-5 SX50T; 3) реконфигурируемой PXI-системы NI PXIe-1071.

Полная блок-схема программно-аппаратного комплекса показана на Рис. 2.

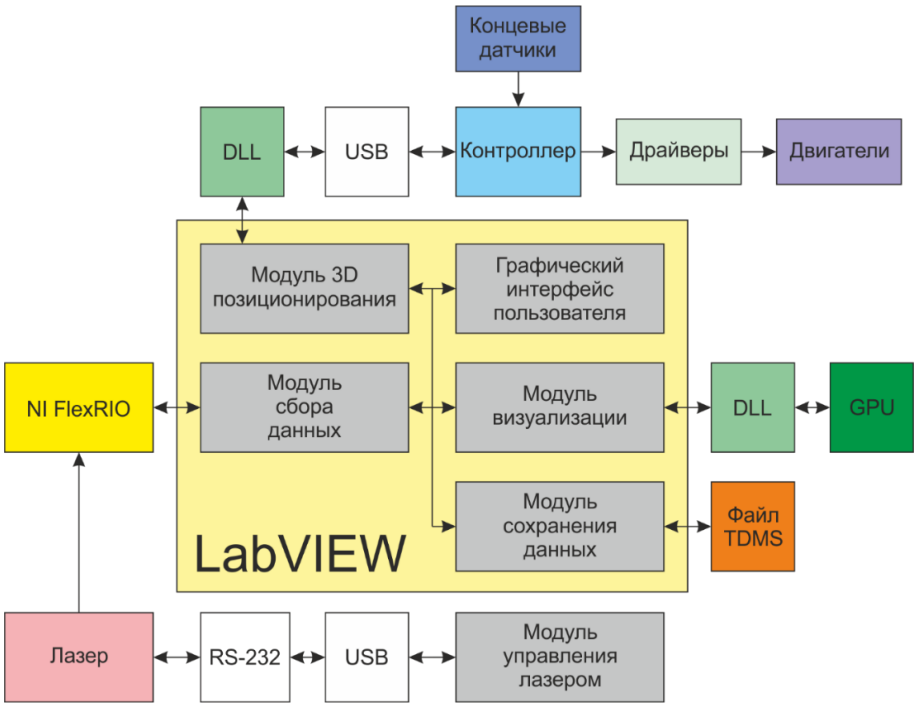



Рис. 2. Общая блок-схема программно-аппаратного комплекса.

Аналоговые сигналы от пьезоприемников и сигнал запуска от лазера поступают в модуль адаптера. Разработанная система поддерживает одновременный прием и обработку 32 каналов. В модуле адаптера сигналы от пьезоприемников оцифровываются с частотой 50 МГц и отправляются в ПЛИС. На ПЛИС производится выборка, временное хранение, усреднение и передача регистрируемых сигналов на персональный компьютер (ПК). ПЛИС по сигналу запуска от лазера принимает и сохраняет кадр, содержащий 4096 отсчетов с 32 каналов, усредняет кадры и передает их на ПК с использованием механизма прямого доступа к памяти (ПДП). Передача всех кадров осуществляется за 0,8 мс. С ПК при помощи команд, пересылаемых посредством механизма ПДП, осуществляется управление параметрами сбора и обработки данных.

На ПК производится обработка получаемых данных (в том числе частотная фильтрация), построение ОА и ЛУ изображений с помощью программно-аппаратной платформы CUDA и метода обратных проекций, и сохранение полученных временных форм сигналов на жестком диске в TDMS-файле. Управление системой трехмерного позиционирования также производится с ПК.

На Рис. 3 приведены схема эксперимента и демонстрация возможностей комбинированной ЛУ и ОА томографии иглы диаметром 0,7 мм внутри термоусадочной трубки с раствором туши диаметром 2,4 мм. Производилось сложение нормированных ОА и ЛУ изображений, и сумма нормировалась на единицу. Такая обработка позволяет отчетливо видеть как модель кровеносного сосуда, так и иглу в ней.

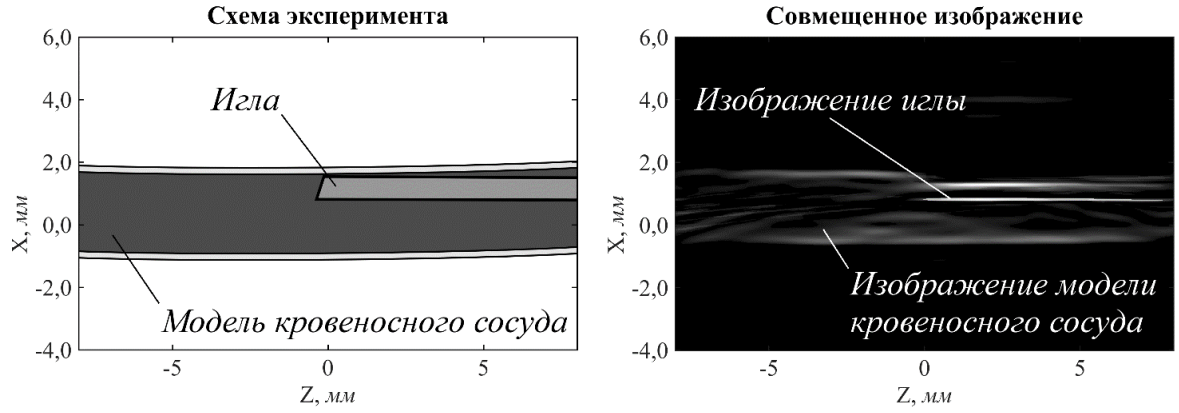



Рис. 3. Схема эксперимента (слева) и совмещенное ОА и ЛУ изображение (справа) медицинской иглы диаметром 0,7 мм внутри модели кровеносного сосуда (полимерной трубки диаметром 2,4 мм, наполненной раствором туши 1:60).

Создана экспериментальная установка для комбинированной двумерной ОА и ЛУ томографии, работающая в режиме реального времени (частота следования кадров – 10 Гц), с автоматизированной системой трехмерного позиционирования. Доказана принципиальная возможность диагностики медицинской иглы диаметром не менее 0,63 мм в модели кровеносного сосуда с внешним диаметром 1,6 и 2,4 мм. Игла лучше проявляется на ЛУ изображении, а модель кровеносного сосуда – на ОА изображении.

Работа выполнена при поддержке гранта РНФ № 16-17-10181.

### 3. Список литературы

[1]. Гусев В.Э., Карабутов А.А. Лазерная оптоакустика. Москва: Москва, 1991. С. 304.

[2]. Karabutov A.A., Savateeva E.V., Oraevsky A.A. Optoacoustic tomography: new modality of laser diagnostic systems // Laser Physics. 2003. Vol. 13, no. 5. P. 711–723.

[3]. Симонова В.А., Саватеева Е.В., Карабутов А.А. Новая комбинированная антенна для оптико-акустической и лазерной ультразвуковой томографии // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 3. Физ. Астрон. 2009. № 4. С. 35

[4]. V.V. Kozhushko and P. Hess, Laser-induced focused ultrasound for nondestructive testing and evaluation, J. Appl. Phys. 103 (2008) 124902.

[5]. O.A. Suslov, A.A. Novikov, A.A. Karabutov, N.B. Podymova and V.A. Simonova Use of acoustoelasticity effect with application of laser sources of the ultrasound for control of the stress state of railbars of the continuous welded rails, International Journal of Applied Engineering Research 10 (2015) 41121–41128.

[6]. Симонова В.А., Хохлова Т.Д., Карабутов А.А. Широкополосная фокусирующая многоэлементная антенна для оптико-акустической томографии // Акустический журнал. 2009. Т. 55, № 6. С. 822–827.

**COMBINED REAL-TIME OPTOACOUSTIC AND LASER-ULTRASONIC IMAGING SYSTEM FOR THE STUDY OF POSSIBILITY OF NEEDLE INSERTION INTO A BLOOD VESSEL DIAGNOSTICS**

A.S. Bychkov[1,2], V.P. Zarubin[1,2], A.A. Karabutov[1,3], V.A. Simonova[4], E.B. Cherepetskaya[1]

*1. Moscow Mining Institute, The National University of Science and Technology MISiS, Moscow, Russia*

*2. Faculty of Physics, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

*3. International Laser Center, M.V. Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia*

*4. The Institute on Laser and Information Technologies of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia*

*In this paper a universal hardware-software solution for in the combined optoacoustic and laser-ultrasound imaging is described. Real-time system for data acquisition and preliminary processing is based on NI FlexRIO architecture. The results of testing of the developed solution on the task of needle insertion into the blood vessel model diagnostics are presented.*

*Keywords: NI FlexRIO, NI 5752, NI PXIe-7962R, NI PXIe-1071, laser-ultrasonic and optoacoustic imaging, phased arrays of focused receivers, real-time signal processing.*

# ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ

А.В. Голенищев-Кутузов, М.В. Аввакумов, Р.А. Хуснутдинов, Г.Д. Марданов

*ФГБОУ ВО «КГЭУ», Республика Татарстан, г. Казань*

*В статье рассматривается метод регистрации частичных разрядов (ЧР) с помощью электромагнитных антенн и широкополосного приемника. Приведена схема экспериментальной установки и вариант программного обеспечения на базе многофункционального модуля ввода-вывода NI USB6341 X Series DAQ.*

*Ключевые слова: NI USB6341, частичные разряды (ЧР); изоляционные элементы; фазовое детектирование; высоковольтные изоляторы*

## 1. Постановка задачи

Электромагнитный метод предусматривает регистрацию ЧР с помощью антенны наружной установки. Антенна представляет собой электромагнитный регистратор, рассчитанный для работы в диапазоне метровых или сантиметровых волн. Метод основан на регистрации высокочастотных колебаний в измерительной схеме при возникновении ЧР. Такие измерительные схемы находят широкое применение, так как позволяют надежно измерять основные характеристики ЧР и обеспечивают высокую чувствительность, минимальный регистрируемый кажущийся заряд составляет $10^{-14}$ - $10^{-15}$ Кл.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Высокоскоростное устройство NI USB6341 включает в себя передовые функции, такие как системный контроллер NI-STC 2, программируемый усилитель NI-PGIA 2 и технологию калибровки NI-MCAL для повышения производительности и точности.

## 3. Описание решения

Лабораторный вариант экспериментальной установки имеет в своем составе две антенны разного типа, цифровой осциллограф, ПК с платой АЦП и специализированным программным обеспечением. Схема измерения ЧР представлена на рис. 1.

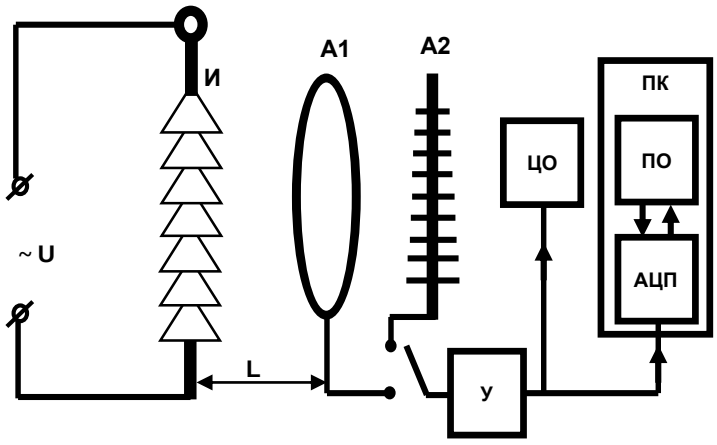



Рис. 1. Схема измерения ЧР электромагнитным методом.

На рисунке 1 представлены: И – изолятор, А1 – антенна LA380, А2 – антенна H31101, У – усилитель, ПК – персональный компьютер, ПО – программное обеспечение LabVIEW, АЦП – аналого-цифровой преобразователь, ЦО – цифровой осциллограф.

Электромагнитное излучение ЧР представляет собой видеоимпульс. Как правило, для измерения ЧР в высоковольтной изоляции применяются приборы, работающие в области высоких частот (VHF-метод «Ultra High Frequency»). Обычно к этому диапазону относят частоты от 100 МГц, и до 2–3ГГц. Основными датчиками в этом диапазоне являются широкодиапазонные (бесконтактные) антенны различного типа. Мы использовали две антенны А1 и А2 (рис.1). Для визуализации и настройки частотного диапазона сигналов ЧР используется цифровой осциллограф (поз. ОЦ на рис.1).

В качестве первой антенны (поз. А1 на рис.1) используется активная рамочная антенна LA380 (диаметр 30 см). Антенна имеет внутренний усилитель с высоким коэффициентом усиления (20 дБ в диапазоне 10 кГц – 250 МГц). LA380 предназначена для работы в частотном диапазоне 10 кГц – 500 МГц. Для выполнения измерений в полевых условиях используется узконаправленная антенна А2.

В качестве второй антенны (поз. А2 на рис.1) используется H311-01 - всеволновая телевизионная антенна, с широкополосным усилителем, которая применяется для приема в дециметровом диапазоне. А2 осуществляет прием сигналов в диапазоне частот 48,5-890 МГц и состоит из дециметровой части. Антенна обладает равномерным усилением по всему частотному диапазону. Дециметровая часть представляет собой логопериодическую антенну с 20 вибраторами.

Основные технические характеристики:

- усиление 28 дБ;

- коэффициент защитного действия > 10 дБ;

- ширина диаграммы направленности: H0=+-30, V0=+-50;

- усиление приводится по отношению к изотропному излучателю.

Сигнал с антенн подается в АЦП. В качестве АЦП используется многофункциональный модуль ввода-вывода NI USB6341 X Series DAQ, который является высокоскоростной многофункциональной платой сбора данных, оптимизированной для высочайшей точности при высоких скоростях выборки. Модуль имеет встроенный усилитель NI-PGIA 2, предназначенный для быстрой регулировки при высокой скорости сканирования, обеспечивая 16-битную точность даже при измерении всеми каналами на максимальных скоростях.

Детектирование сигналов ЧР антенной А2 изображено на рисунке 2. Обработка детектируемых сигналов происходит в режиме реального времени. В зависимости от заданных параметров измерения АЦП считывает определенное количество точек с частотой опроса 200 кГц, соответствующих конечному числу периодов напряжения в сети. Плата АЦП способна осуществлять многоканальный сбор данных с высоким быстродействием и малой погрешностью. Тем не менее, следует учитывать, что в многоканальных системах сбора данных на погрешность влияет время установления сигналов. Обработка сигнала с большим количеством снимаемых точек (например, 2 млн. точек) занимает больше времени, чем сигнала с меньшим количеством точек (например, 100 тыс. точек). Чем больше снимается точек, тем качественнее получаемое отображение сигнала.

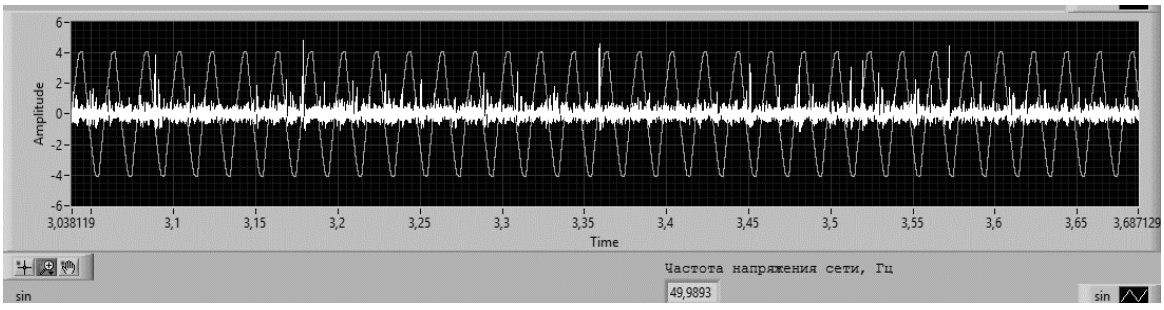



Рис. 2. Сигнал ЧР с антенны на частоте 545 МГц с полосой пропускания 15 кГц, наложенный на сигнал напряжения сети

Пример обработки сигналов приведен на рисунке 3. Программа анализирует количество сигналов ЧР, составляя распределение по фазе и амплитуде.

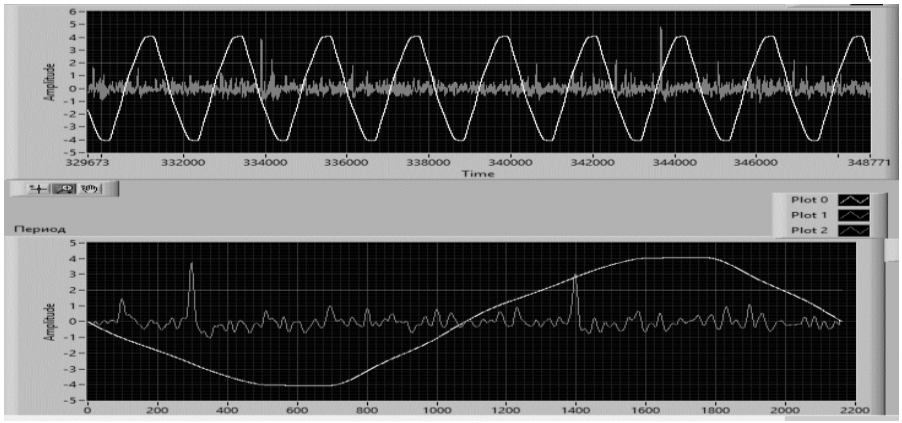



Рис. 3. Визуализация обработки сигнала ЧР с антенны на частоте 545 МГц

с полосой пропускания 15 кГц

Для дополнительного контроля частоты напряжения на изоляторе в программе реализована функция выделения ее значения числового значения. Подпрограмма вычисления частоты напряжения на исследуемом изоляторе приведена на рисунке 4.

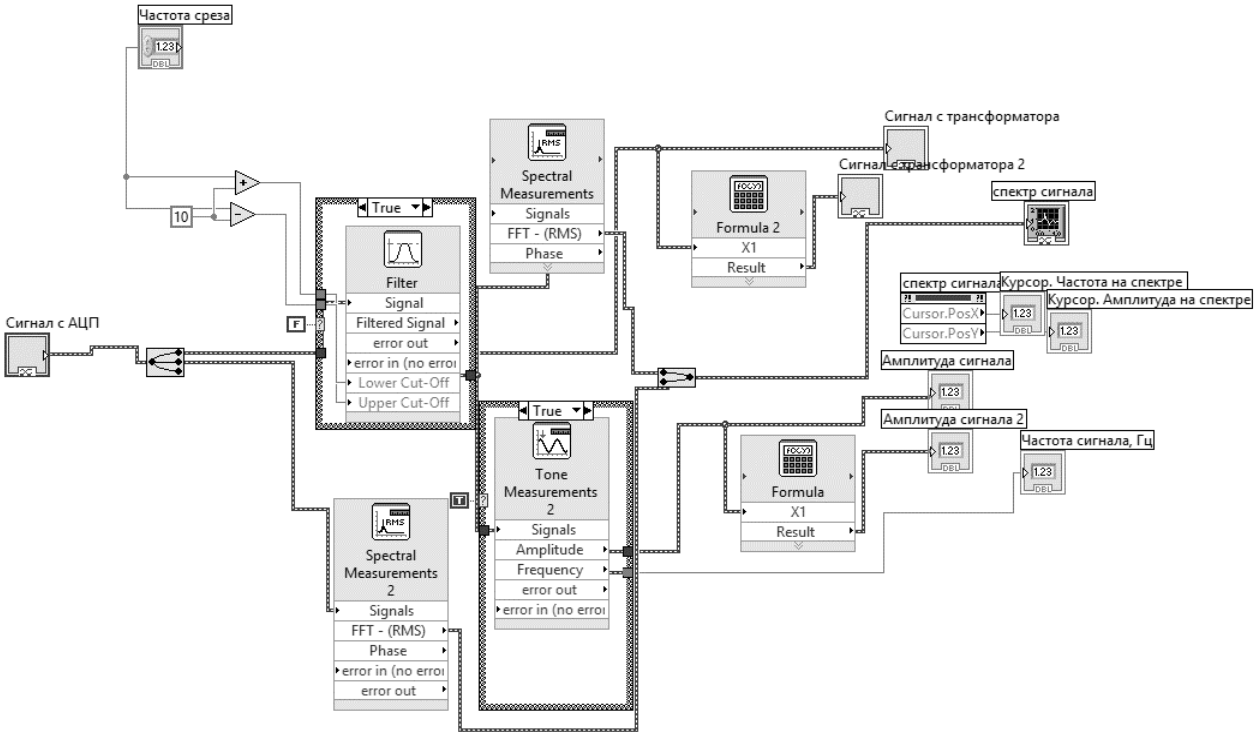



Рис. 4. Подпрограмма обработки сигнала с антенны для выделения значений амплитуды,

фазы сигнала и т.д.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная система использовалась при проведении исследований на высоковольтных подстанциях г. Казани. В перспективе планируется разработка модификации программы обработки, которая позволит записывать сигналы электромагнитного излучения ЧР поочередно с необходимого количества изоляторов в двоичный, текстовый или файл специфического формата. Затем проводить постобработку записанных данных для последующего анализа состояния изоляторов.

**ELECTROMAGNETIC METHOD FOR CONTROLLING PARTIAL DISCHARGE**

A.V. Golenishtchev-Kutuzov, M.V. Avvakumov, R.A. Husnutdinov, G.D. Mardanov

*Kazan State Power Engineering University, Kazan, Russia*

*The article discusses the method for detecting partial discharge (PD) using electromagnetic antennas and broadband receiver. The scheme of the experimental setup, and software version on the basis of NI USB6341 X Series DAQ multifunction DAQ device.*

*Keywords: NI USB6341, partial discharge (PD); insulating elements; phase detection; high-voltage insulators*

# СЕКЦИЯ «ВСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ»

## АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СНЯТИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОРЕЗОНАНСНЫХ ДАТЧИКОВ

В.С. Ошлаков, Я. С. Сергеева

*Алтайский государственный университет*

*В статье рассматривается установка для автоматизированного снятия амплитудно-частотных и фазо-частотных характеристик пьезоэлектрических датчиков. Создание программного обеспечения осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW. Для реализации системы были использованы цифровой осциллограф RIGOL DS1102. аналоговый генератор GW INSTEK с возможностью перестройки частоты напряжением и NI myDAQ.*

*Ключевые слова: пьезорезонансный датчик, АЧХ, LabVIEW*

### 1. Постановка задачи

При создании дифференциального пьезорезонансного датчика [1] возникает необходимость в подборе пары датчиков со схожими характеристиками. Одной из наиболее интересных характеристик является амплитудно-частотная характеристика (АЧХ). Диапазон частот определяется материалом, из которого изготовлен датчик. Интересующий диапазон частот составляет 20 — 100 кГц, при этом могут возникать гармоники, частота которых лежит в диапазоне 100 кГц — 1 МГц. Для экспериментов в таком диапазоне частот необходимы дорогостоящие скоростные АЦП и цифровые генераторы. Однако если использовать аналоговый генератор управляемый напряжением и цифровой осциллограф, подключенный к компьютеру, то можно существенно снизить стоимость экспериментального оборудования. В данной работе для автоматизации измерений характеристик пьезорезонансных датчиков использовался генератор GW INSTEK GFG-2219BA, управляемый напряжением с выхода интерфейса myDAQ, и осциллограф *RIGOL DS1102.*

### 2. Описание решения

Структурная схема системы проверки на рисунке 1.

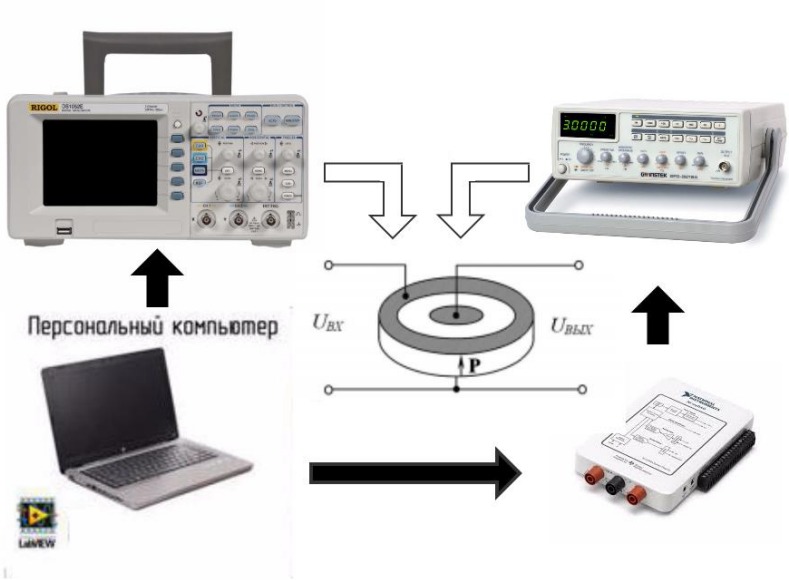



Рис. 1. Структурная схема системы.

Дисковый пьезоэлектрический датчик представляет собой круглую пластину с нанесенными на её поверхности металлическими электродами. Один из электродов выполнен в виде круга и расположен в центре, а другой имеет кольцевую форму и расположен на периферии. Возбуждающее напряжение подается на периферийные кольца, а снимается с центральных круговых. На частоте, равной одной из резонансных механических частот датчика, образуется стоячая волна с максимальной амплитудой

колебаний. Механическое напряжение за счет прямого пьезоэффекта преобразуется в электрический сигнал,.

Сигналы с входа и выхода датчика вводятся через осциллограф на компьютер, где в Labview [2] строится и обрабатывается АЧХ, а также определяются частота резонанса, ширина полосы пропускания и добротность. Пример данной характеристики представлен на рис. 2.1.

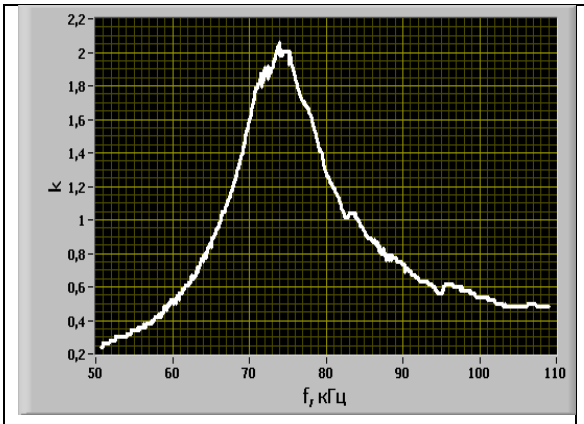



Рис. 2.1 .АЧХ и ФЧХ датчика

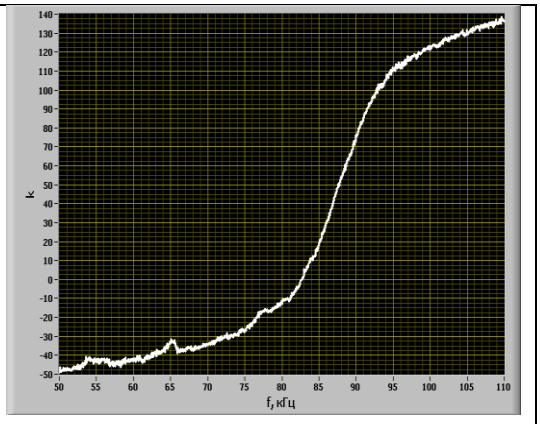



Рис. 2.2.ФЧХ датчика

Использование данной системы дает возможность исследовать АЧХ датчика в более широком диапазоне частот рис. 3.

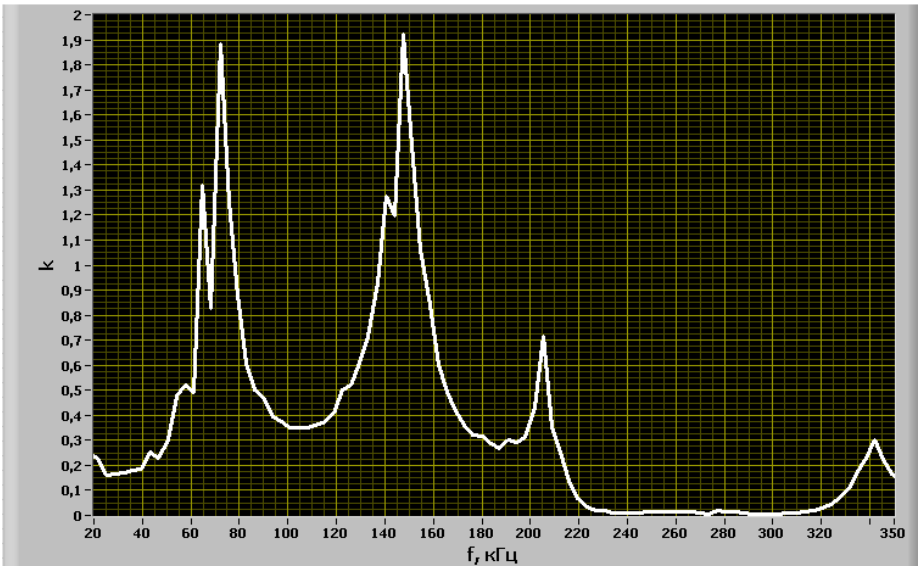



Рис. 3. .АЧХ датчика в более широкой полосе частот

**3. Выводы и перспективы**

Автоматизация измерения характеристик пьезорезонансных датчиков [3] позволяет существенно ускорить подбор пар датчиков сходных по характеристикам и дает возможность при дальнейших исследованиях расширить количество анализируемых характеристик, таких как комплексная частотная характеристика в более широком диапазоне частот при различных температурах.

**5. Список литературы**


1. Преображенский В.П. Теплотех  Седалищев В.Н. Пьезотрансформаторные измерительные преобразователи: - Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2015. - 167с.
2. Суранов А.Я. LabVIEW 8.20: Справочник по функциям. М.: ДМК-Пресс, 2007. 536 с.
3. Седалищев В.Н., Хомутов О.И. Высокочувствительные пьезорезонансные датчики с использованием связанных колебаний для экстремальных условий эксплуатации: монография. – Барнаул, 2006 г.


**AUTOMATED SYSTEM FOR REMOVAL OF FREQUENCY CHARACTERISTICS PIEZORESONANCE SENSORS**


V.S. Oshlakov, Y.S. Sergeeva

*Altai State University*



*The article discusses the setup for the automated removal of the amplitude-frequency and phase response pezoelektricheskih sensors. Creating software was carried out in the NI LabVIEW programming environment. To implement the system RIGOL DS1102 digital oscilloscope were used. analog GW INSTEK generator with frequency tuning voltage and NI myDAQ.*



*Keywords: piezoresonance sensor, AFC, LabVIEW*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

Б.А. Галявиев, Д.В. Шахтурин

*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г.Казань*

*В работе рассматривается разработка системы автоматизированной проверки целостности и наличия связи (короткого замыкания) цепи с остальными цепями, измерения сопротивления цепи и сопротивления изоляции бортовой кабельной сети, обеспечивающая формирование испытательных сигналов, регистрацию и визуальное представление результатов измерения.*

*Ключевые слова: измерительно-управляющая система, автоматизация измерений.*

## 1. Постановка задачи

Современное радиотехническое оборудование летательных аппаратов представляет собой сложные многокомпонентные комплексы, включающие множество систем, устройств, блоков и модулей. Одной из таких систем является бортовая кабельная сеть (БКС), которая выполняет связующую функцию между бортовыми системами, устройствами и блоками, обеспечивая электропитание, передачу информации и управляющих команд. Большое количество ошибок и аварий при летных испытаниях и эксплуатации летательных аппаратов приходится именно на дефекты КБС [1]. Поэтому необходимо иметь качественные современные системы, позволяющие проверить качество монтажа непосредственно при производстве, техническом обслуживании или ремонте.

Таким образом, очевидна актуальность создания автоматизированной системы контроля и тестирования бортовой кабельной сети летательного аппарата.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Разработана многоканальная измерительная система с программно-управляемой структурой измерительных каналов на основе устройства сбора данных (многофункциональной платы ввода/вывода) NI USB-6343 [2].

Программное обеспечение разработано в среде графического программирования NI LabVIEW, с использованием инструментального драйвера NI-DAQ [2].

## 3. Описание решения

В данной работе рассматривается вариант построения системы автоматизированной проверки целостности и наличия связи (короткого замыкания) цепи с остальными цепями, измерения сопротивления цепи и сопротивления изоляции бортовой кабельной сети. Методика испытания и нормативные значения диагностируемых параметров приведены в [2].

На рис. 1 представлена структурная схема автоматизированной системы контроля и тестирования бортовой кабельной сети летательного аппарата.

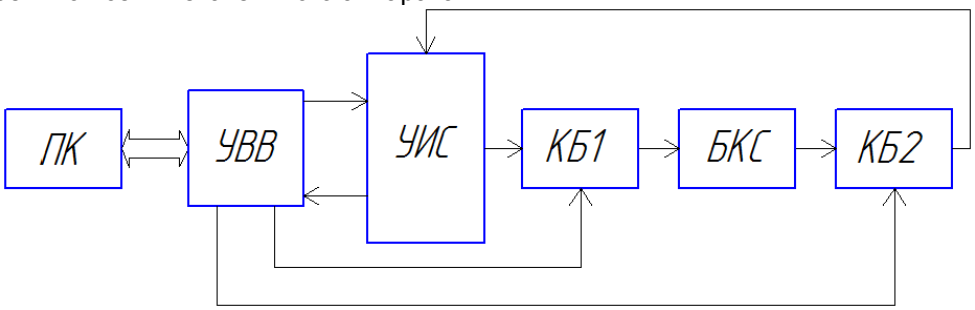



Рис.1 Структурная схема автоматизированной системы контроля и тестирования бортовой кабельной сети летательного аппарата: ПК – персональный компьютер; УВВ – устройство ввода/вывода; УИС – устройство измерения сопротивлений; КБ1 и КБ2 – коммутационные блоки; БКС – бортовая кабельная сеть

Система осуществляет формирование испытательных сигналов и регистрацию измерительных данных. Управление системой, а также сбор, обработка и визуальное представление результатов измерения осуществляются персональным компьютером, с использование разработанного программного обеспечения. Система, включает следующие основные блоки. Устройство измерения

сопротивлений (УИС), которое проводит все измерения и формирует испытательное напряжение переменного и постоянного тока, подаваемое на объект контроля. Коммутационные блоки (КБ1 и КБ2), обеспечивающие коммутацию УИС на проверяемый канал и автоматизацию проверок. В зависимости от выбранного режима работы КБ1 и КБ2 могут работать как синхронно, так и независимо друг от друга. Устройство ввода/вывода (УВВ), выполняющее функцию информационно-технического взаимодействия с персональным компьютером (ПК). УВВ по команде ПК конфигурирует измерительные каналы, осуществляет аналого-цифровое преобразование измерительных сигналов и формирует управляющие сигналы (по цифровым линиям) в соответствии с выбранным режимом работы системы.

Программное обеспечение разработано в графической среде программирования NI LabVIEW [4, 5]. Программное обеспечение предоставляет оператору возможность проводить следующие основные операции:

– установка и просмотр исходных параметров системы;

– корректировка параметров системы в процессе работы;

– тестирование и контроль функционирования бортовой кабельной сети;

– инициализация измерений, прием измеренных данных, визуальный контроль данных и формирование отчета по результатам проверки;

– передачу накопленных данных в персональный компьютер.

Измерение сопротивления цепи осуществляется как в ручном, так и в автоматизированном режимах.

Разработанная система позволяет измерить сопротивление цепи и сопротивление изоляции бортовой кабельной сети; устанавливать значения испытательного напряжения для режима проверки сопротивления изоляции; устанавливать вид испытательного напряжения (постоянного или переменного тока), значения испытательного напряжения, значения времени испытания (проверки) для режима проверки электрической прочности изоляции.

**4. Внедрение и его перспективы**

Использование данной системы в значительной степени облегчает контроль и тестирование бортовой кабельной сети летательного аппарата в процессе монтажа, технического обслуживания и ремонта, что повышает эффективность труда работников и безопасность.

**5. Список литературы**

[1]. Зайченко С.Н. Система комплексной проверки монтажа бортовой кабельной сети авиационной техники (на примере самолета «Сухой Суперджет-100») и системы телеметрии нового поколения / С.Н. Зайченко, Н.А. Стуколкин // Современное состояние методов, средств и метрологического обеспечения экспериментальных исследований, испытаний и эксплуатации изделий авиационной и ракетно-космической техники: сб. тр. Всерос. науч.-техн. конф. (Москва, 27–28 октября 2015 г.). – 2015. – С. 18-24. URL: http://gosniiga.ru/files/sbornikdokladov2015.pdf (дата обращения: 08.11.2016).

[2]. National Instruments Corporation. Worldwide Technical Support and Product Information. URL: http://www.ni.com (дата обращения: 08.11.2016).

[3]. ГОСТ Р 50571.16-2007. Электроустановки низковольтные. Часть 6. Испытания. – Введ. 2009-01-01; Взамен ГОСТ Р 50571.16-99. – М.: Стандартинформ, 2012. – III, 28 с

[4]. Евдокимов Ю.К. Автоматизированный сбор и цифровая обработка данных в измерительных системах: учебное пособие / Ю.К. Евдокимов, Е.С. Денисов, Д.В. Шахтурин [и др.]. – Казань: Изд-во Казан. гос. ун-та, 2012. – 163 с.

[5]. Евдокимов Ю.К. LabVIEW в научных исследованиях: учеб. пособие для студ. вузов / Ю.К. Евдокимов, В.Р. Линдваль, Г.И. Щербаков. – М.: ДМК Пресс, 2012. – 400 с.

## AUTOMATED BOARD AIRCRAFT CABLE NETWORK CONTROL AND TEST SYSTEM

B.A. Galyaviev, D.V. Shakhturin

National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

*The work deals with the development of automated integrity and connection availability (short circuit) for a circuit with other circuits, circuit resistance measurement and insulation resistance of onboard cable network test system, which ensures the formation of the test signals, recording and visual representation of the measurement results.*

*Keywords: measuring and control system, automation of measurements.*

# БЛОК РЕГИСТРАЦИИ СОПУТСТВУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ БЕСПРОВОДНЫХ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В.Н. Овчарук, К.С. Рябинкина

*ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск,*

*В статье описаны исследования методик регистрации сигналов акустической эмиссии для мониторинга состояния промышленных объектов. Приведена структурная схема комплекса для регистрации и анализа сигналов, реализованного на базе оборудования компании National Instruments. Описана структура и принцип работы аппаратно-программного комплекса.*

*Ключевые слова: Информационно-измерительные системы, неразрушающий контроль, акустическая эмиссия, спектральный анализ*

## 1. Постановка задачи

Автоматизированные системы сбора данных в настоящее время являются общедоступным средством получения экспериментальной информации, и связано это, в первую очередь, с широким распространением персональных компьютеров [1]. Системы сбора данных находят применение для научных исследований, управления производственными процессами, мониторинга в промышленности, медицине, метеорологии, космонавтике и других областях человеческой деятельности. Автоматизированный сбор данных позволяет получить данные нового качества, которые невозможно получить иными средствами. Это результаты статистической обработки огромного числа измерений, полученных в цифровой форме, возможность регистрации случайно появляющихся событий с недостижимой ранее разрешающей способностью по времени и амплитуде, регистрация быстроизменяющихся процессов [2,3].

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Разработанные в рамках научного исследования аппаратно-программные комплексы (АПК) серии *EMIS* позволяют производить помехоустойчивую регистрацию сигналов акустической эмиссии (АЭ) с предысторией и послезвучанием, а так же анализ, идентификацию и распознавание сигналов с заданными время-частотными характеристиками [4,5]. Сбор АЭ данных производится с применением оборудования *X Series DAQ* фирмы *National Instruments*. Программное обеспечение, входящее в состав системы было разработаны в среде *NI LabVIEW 2013*. В качестве аппаратной платформы для реализации функции захвата сигнала была использована платформа *NI CompactDAQ 9188* с модулями ввода-вывода *NI 9223*, сертифицированными по требованиям пожарной безопасности.

## 3. Описание решения

Многоканальные АЭ системы серии «ЭМИС» согласно требованиям нормативной документации (РД 03-299-99) имеет в своем составе:

- комплект предварительных усилителей;
- кабельные соединительные линии и сетевые линии связи;
- блоки предварительной обработки и преобразования АЭ;
- ПК с необходимым математическим обеспечением;
- средства отображения информации;
- блоки калибровки АЭ системы.

В зависимости от условий контроля АЭ система может быть как стационарной, так и передвижной. Для контроля объектов простой конфигурации или в случаях, когда не требуется определение местоположения дефектов, допускается применение менее сложной аппаратуры (EMIS 4-16 DAQ) , в том числе и одноканальных приборов, либо многоканальной АЭ системы в режиме зонной локации.

Беспроводная сенсорная сеть (WSN) состоит из трех основных компонентов: измерительные узлы, шлюз и программное обеспечение. Узлы для измерений, распределенные в пространстве, оснащены датчиками для мониторинга физических явлений или наблюдения за окружающей средой. Собранные данные беспроводным способом передаются на шлюз, соединенный с другими, в том числе и проводными системами, где можно осуществлять сбор, обработку, анализ и презентацию результатов измерения, используя разработанное программное обеспечение. Маршрутизаторы представляют собой особый тип узлов измерения, которые можно использовать для увеличения длительности передачи и надежности WSN.

Вариантов построения систем несколько. Можно соединить узел ввода WSN Ethernet с компьютером под управлением Windows или контроллером в режиме реального времени LabVIEW Real-Time controller, как показано на рис. 1. Компьютер под управлением Windows может быть как настольным ПК, так и встроенным ПК, управляющим LabVIEW под Windows. Это означает, что можно с легкостью добавить беспроводные возможности регистрации данных к любой системе серии EMIS, работающей под Windows и имеющей соответствующий интерфейс. Структурная схема системы мониторинга приведена на рис. 1.

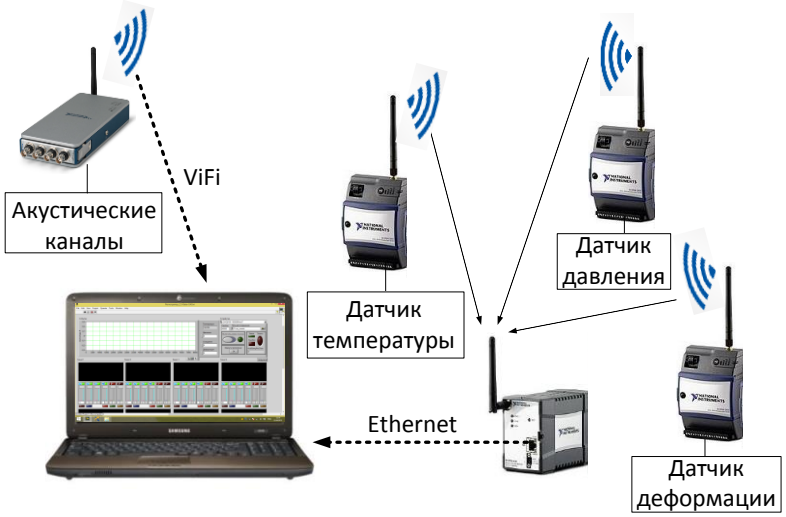



Рис.1. Возможный вариант конфигурации АЭ системы EMIS – 12/32 DAQ

Присоединение к контроллеру реального времени под управлением LabVIEW Real-Time, такому как NI CompactRIO или другим программируемым контроллером автоматизации (ПКА), позволяет разместить беспроводные измерения наряду с проводными измерениями или приложениями управления. Используя программное обеспечение LabVIEW на хост-компьютере, можно осуществлять сбор, обработку, анализ, и представление результатов измерений сенсорной сети.

Платформа NI помогает приспособить под конкретные нужды и улучшить архитектуру WSN. Обладая гибкими возможностями подключения Ethernet, можно добавить дополнительные устройства или функциональность к системе WSN. Ранжирование устройств может происходить на уровне предприятия, например, базы данных и серверы к проводным системам ввода/вывода, системы контроля, или иные продукты WSN. Системы реального времени LabVIEW Real-Time имеют возможность встроенной регистрации данных, и открытой коммуникации с узлами ввода, в то время как модуль LabVIEW WSN Module имеет возможность модификации узлов в соответствии с требованиями заказчика и локального принятия решений на уровне узла.

В системе NI WSN, шлюз координатор сети и руководит аутентификацией измерительных узлов, обменом информацией, и установлением контактов от беспроводной сети IEEE 802.15.4 с проводной сетью Ethernet, где можно осуществлять сбор, обработку, анализ и представление результатов измерений, используя разнообразие программного обеспечения NI. Можно использовать несколько шлюзов в WSN, каждые из которых сообщаются с различными беспроводными каналами, выбираемыми в ПО. Можно подсоединить 8 конечных узлов WSN (в топологии звезды) или до 36 WSN узлов (в матричной топологии) к каналу ввода WSN. Существует две разновидности шлюзов для NI WSN.

АЭ системы *EMIS* должны обеспечивать как оперативную обработку и отображение информации в режиме реального времени, так и обработку, отображение и вывод на периферийные устройства для документирования накопленных в течение испытания данных после окончания испытания. Режим постобработки является неотъемлемой частью всех АЭ систем, так как большой поток обрабатываемой информации не позволяет реализовать все возможные варианты в реальном времени [2].

Фрагмент интерфейса пользователя АЭ системы *EMIS – 4/16 DAQ* приведен на рис. 2. Он содержит дополнительный экран отображения сопутствующей информации. Аналогичный интерфейс имеют все системы серии *EMIS DAQ*.

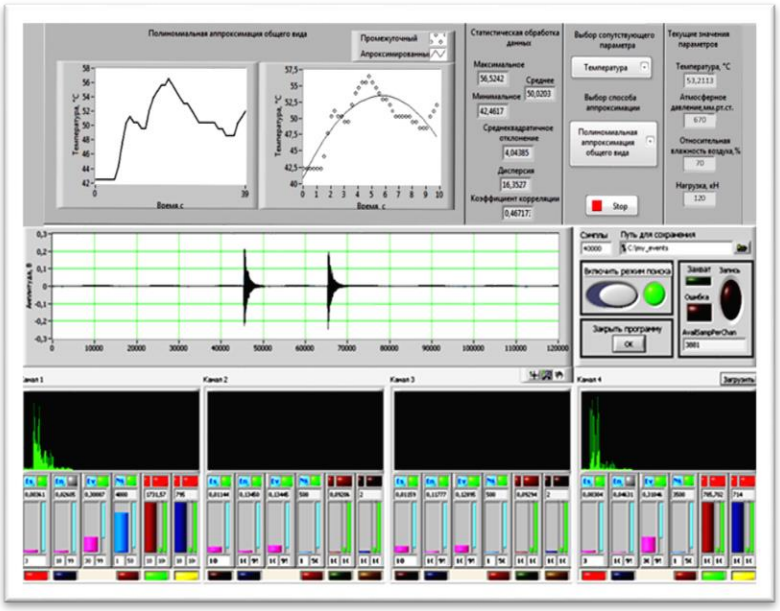


*Рис. 2.* Фрагмент интерфейса пользователя АЭ системы *EMIS – 4/16 DAQ*

## 4. Внедрение и его перспективы

Созданный программный модуль комплекса успешно прошел процедуру государственной регистрации [6], а разработанные методики и аппаратные средства были внедрены в ФГБОУ ВПО ТОГУ, г.Хабаровск и на предприятиях ДВ региона. В перспективе планируется доработка всех модулей и алгоритмов с целью улучшения их эксплуатационных параметров.

## 5. Список литературы


[1]. Овчарук В.Н. Современные средства автоматизации физического эксперимента. Среда программирования LabVIEW / В.Н.Овчарук – Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2011.– 256 с.
[2]. Овчарук В.Н. Акустико-эмиссионные информационно-измерительные системы. Пути и методы совершенствования / В.Н.Овчарук – Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2013.– 300 с.
[3]. Овчарук В.Н. Акустико-эмиссионные методы исследования свойств керамических материалов / В.Н.Овчарук – Хабаровск : Изд-во ТОГУ, 2010.– 201 с.
[4]. Овчарук В.Н. Метрологические аспекты регистрации энергетических параметров акустической эмиссии материалов // Измерительная техника. 2014. №8. С. 57-62.
[5]. Овчарук В.Н. Критерии выбора параметров акустической эмиссии материалов // Датчики и системы. 2014. №3. С. 10–17.
[6]. Овчарук В.Н., Пурисев Ю.А. Программный комплекс установки EMIS-2 // Свидетельство о государственной регистрации программ для ЭВМ №2014613380 от 26 марта 2014г.


### SYSTEM REGISTRATION ASSOCIATED PARAMETERS OF ACOUSTIC EMISSION DIAGNOSTIC COMPLEXES


V.N. Ovcharuk, K.S. Ryabinkina

*FGBOU VPO «Pacific National University», Khabarovsk*



*This article describes the research methods of registration of acoustic emission signals for condition monitoring of industrial facilities. The block diagram of the complex for recording and analyzing signals implemented based on the equipment of National Instruments company. Describes the structure and operation of the hardware-software complex.*



*Keywords: Information-measuring system, nondestructive testing, acoustic emission, spectral analysis*

# ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА БЕССЕНСОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ

Д.В. Шайхутдинов[1], А.С. Власов[1]

*1. ЮРГПУ(НПИ), г. Новочеркасск, Ростовская обл.*

*Статья посвящена разработке интегрированной системы управления электромагнитным приводом. В качестве источника информации для идентификации состояния электромагнитного привода выбрана вебер-амперная характеристика рабочего цикла. Разработано программное обеспечение определения положения подвижного элемента привода с применением искусственной нейронной сети. Пакет MATLAB был применен для разработки искусственной нейронной сети. Результаты проектирования были интегрированы в программный код в среде LabVIEW.*

*Ключевые слова: SbRIO-9636, LabVIEW, электромагнитный привод, бессенсорное управление, система управления*

## 1. Постановка задачи

Электромагниты являются наиболее распространенными представителями класса электромагнитных устройств. Пропорциональные электромагниты представляют собой наиболее сложные система для диагностики и управления [1, 2]. Этот тип электромагнитных приводов требует наличия систем контроля параметров движения подвижных элементов электромагнитов. При проведении опытно-конструкторских разработок новых типов продукции важными вопросами являются настройка параметров регуляторов и комплексная диагностика электромагнитов. Устройства этого класса, в частности, используются в качестве элементов систем повышенной ответственности, что налагает дополнительные повышенные требования к надежности их работы. Сложность и постоянное совершенствование магнитных систем, применяемых в настоящее время требует новых высокоточных подходов к управлению работой данных устройств.

Положение подвижного элемента электромагнита *x* определяет степень замкнутости магнитопровода *d*. Степень замкнутости магнитопровода *d*, в свою очередь, определяет уровень магнитного потока *F* при заданном значении магнитодвижущей силы *IW*. Уровень магнитного потока имеет прямой взаимосвязи с потокосцеплением обмотки магнитного проводника ψ. Таким образом, существует физическая взаимосвязь между вебер-амперной характеристикой электромагнита ψ (*IW*) и положением его подвижного элемента *x*. Однако, данная взаимосвязь имеет сложный, нелинейный вид, что требует применения интеллектуальных методов распознавания для реализации системы управления. Система автоматического управления, реализующая данный подход, представлена на рисунке 1.

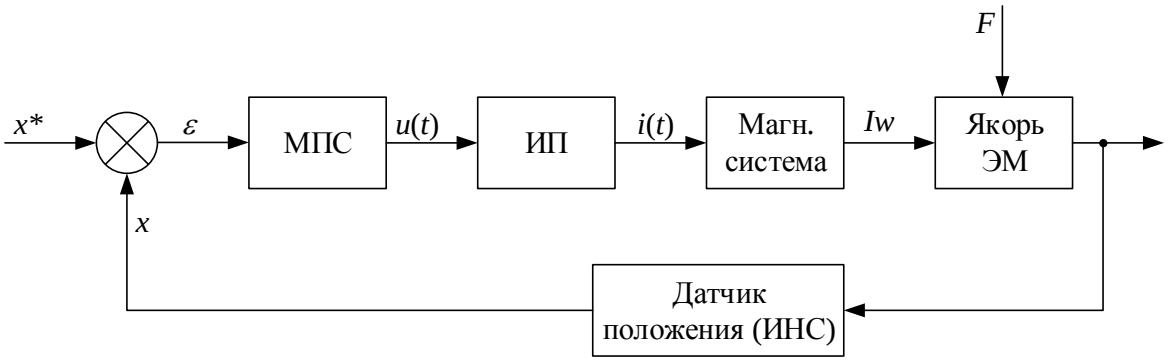



Рис. 1. Структурная схема системы управления.

Система (рис. 1) состоит из следующих элементов: микропроцессорная система управления (МПС), управляемый источник питания (ИП), магнитная система, датчик положения якоря, на базе искусственной нейронной сети, якорь электромагнита.

При высокой сложности объекта управления (например, сложной конфигурации магнитной системы электромагнита) или при отсутствии полной априорной информации об объекте, необходимо применять интеллектуальные технологии управления [3-6]. В настоящее время число публикаций, посвященных интеллектуальным технологиям очень большое количество, что подтверждает актуальность и популярность таких систем управления.

Целью работы является разработка программного обеспечения элементов идентификации состояния электромагнита (датчика положения якоря) для управления его положением на базе данных о его вебер-амперной характеристике [7, 8].

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Исследования проводились с использованием элементов теории магнитного поля, теории автоматического управления, математического моделирования с использованием лицензионных пакетов программ Matlab, LabVIEW 2013.

## 3. Описание решения

Системы автоматического управления представляют собой аппаратно-программный комплекс, обеспечивающий непрерывное и эффективное управление сложными техническими системами или процессами, протекающими в реальном времени. Как правило, при создании системы автоматического управления электромагнитным приводом целью является обеспечение высокой производительности в части скорости, высокой точности определения положения подвижной части привода, при условии отсутствия дополнительных датчиков, особенно крупногабаритных.

В данной работе в среде графического программирования LabVIEW разработано программное обеспечение для системы управления положением подвижного элемента электромагнитного привода. Программное обеспечение включает в себя искусственную нейронную сеть, разработанную в среде Matlab. В качестве исходных данных искусственной нейронной сети (ИНС) выбрана вебер-амперная характеристика привода. Искусственная нейронная сеть вычисляет по вебер-амперной характеристике [9, 10] положение ($x$) подвижного элемента электромагнитного привода. Это дает возможность исключить необходимость применения специальных датчиков положения, что положительно влияет на размеры, вес и стоимость электромагнитного привода. В качестве первого входа ИНС были использованы значения тока в рабочей обмотке электромагнита (I), на второй вход ИНС подаются значения потокосцепления (ψ). В качестве данных для обучения ИНС были использованы предварительно полученные данные. Искусственная нейронная сеть после тренировки должна быть интегрирована в аппаратную часть системы управления. Для этого настроенная искусственная нейронная сеть была представлена в виде кода программы на языке C++. Затем полученный код ИНС был использован для компиляции динамической библиотеки dll. Полученная библиотека была использована в качестве части программы в среде LabVIEW (рис. 2).

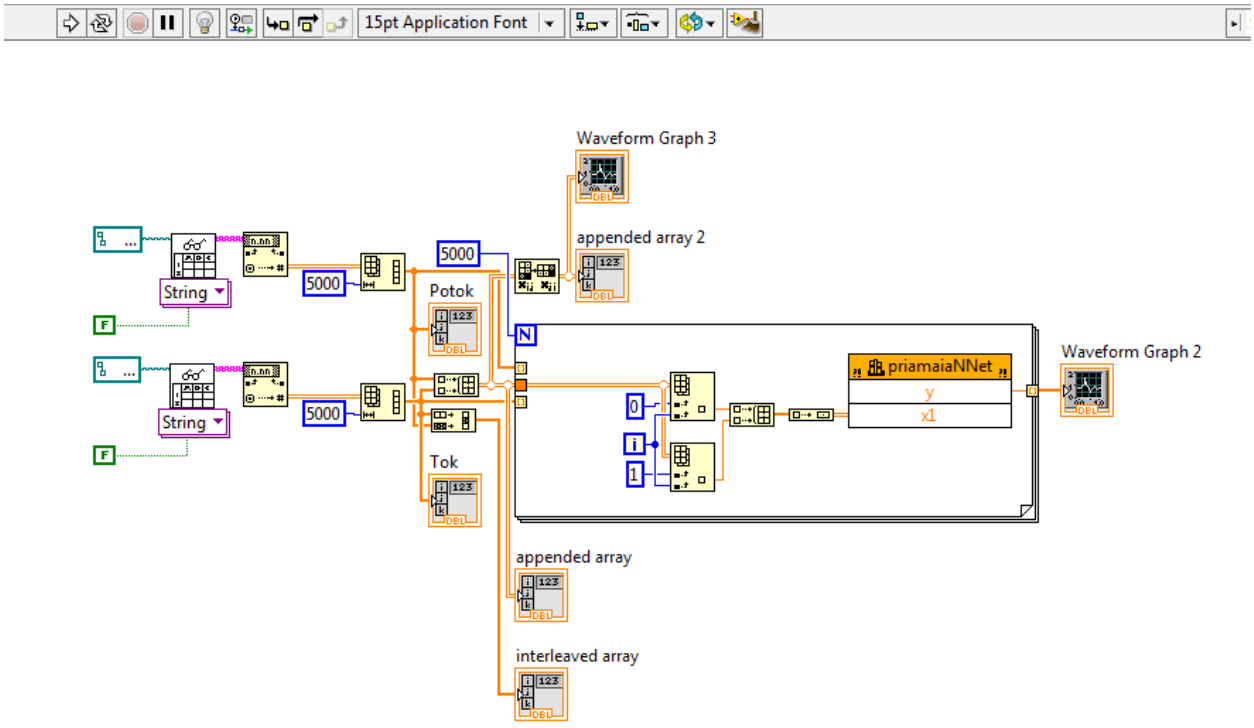



Рис. 2. Интеграция ИНС в виде dll-библиотеки в код программы в среде LabVIEW.

В качестве основы для аппаратной реализации системы выбран промышленный контроллер SBRIO-9636 производства компании National Instruments, который отвечает всем необходимым требованиям: имеет собственное программное обеспечение, оперативную память до 512 МБ, возможность подключения внешних магазинов по USB, 16 аналоговых входов или 8 дифференциальных входов напряженности, четыре аналоговых выхода. SBRIO-9636 имеет небольшие размеры по сравнению с аналогами, что позволяет реализовать систему управления в компактном виде.

Исследования показали, что после обучения, искусственная нейронная сеть определяет положение подвижного элемента электромагнитного привода по его вебер-амперной характеристике с погрешностью не более 5 %. Это подтверждает, что разработка систем управления на основе искусственной нейронной сети, функционирующих на базе информации о вебер-амперной характеристике, является достаточно перспективной технологией.

**4. Внедрение и его перспективы**

Результаты работы получены в рамках выполнения показателей по стипендии Президента Российской Федерации для молодых ученых и аспирантов, осуществляющих перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики в период с 2015 по 2017 гг., номер гранта СП-4108.2015.1. Работы были выполнены с использованием оборудования ЦКП «Диагностика и энергоэффективное электрооборудование» ЮРГПУ(НПИ).

**5. Список литературы**

[1]. Leukhin R I, Shaykhutdinov D V, Leukhin V I 2016 *Procedia Engineering* **150** 347-353

[2]. Shaykhutdinov D, Lankin A, Narakidze N, Grechikhin V, Shirokov K, Gorbatenko N 2015 *Research Journal of Applied Sciences* **10(10)** 555-557

[3]. Zolfaghari M, Taher S A, Munuz D V 2016 *Ain Shams Engineering Journal* **7(2)** 729-740

[4]. Zohoori A, Vahedi A, Meo S, Sorrentino V 2016 *Journal of Intelligent and Fuzzy Systems* **30(1)** 159-169

[5]. Kiran Kumar B, Siva Reddy Y V, Vijaya Kumar M 2015 *International Journal of Control Theory and Applications* **8(1)** 71-76

[6]. Choi J-S, Ko J-S, Chung D-H 2006 2006 SICE-ICASE International Joint Conference 690-695

[7]. Gorbatenko N I, Lankin A M, Lankin M V 2016 *Procedia Engineering* **150** 1027-1031

[8]. Lankin A M, Lankin M V, Naugolnov O A 2016 *Procedia Engineering* **150** 1020-1026

[9]. Grechihin V V, Lankin M V, Lankin A M 2015 *Procedia Engineering* **129** 793-798

[10]. Gorbatenko N.I. Lankin M V, Lankin A M 2015 *Procedia Engineering* **129** 799-803

**INTEGRATED SYSTEM FOR SENSORLESS CONTROL OF ELECTROMAGNETIC DRIVE**

D.V. Shaykhutdinov[1], A.S. Vlasov[1]

*1. SRSPU(NPI), Novocherkassk, Russian Federation*

*The article is devoted to the development of an integrated electromagnetic actuator control system. As a source of information for identifying the electromagnetic drive state the weber-ampere characteristic of the operating cycle is selected. The software determining the position of the movable actuator element using an artificial neural network is developed. Package MATLAB for the development of an artificial neural network was used. Design results were integrated into the program code of LabVIEW-program.*

*Keywords: SbRIO-9636, the LabVIEW, electromagnetic drive, sensorless control, control system*

# ИНФОРМАЦИОННО – УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА МНОГОЦЕЛЕВОЙ НАДВОДНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ

Д.А.Ченский, К.А. Григорьев, А.Г. Ченский

*ФГБОУ ВПО ИрГТУ, г. Иркутск*

## 1. Постановка задачи

В настоящий момент в отечественных разработках связанных с различными роботизированными аппаратами в морях и озерах практически отсутствуют надводные плавучие средства - носители научно-исследовательских и экологических приборов, поисково - спасательных средств, оборудования для поиска и обезвреживания боеприпасов и мин в прибрежной зоне морей. Роботизированные платформы существенно повышают безопасность проведения работ в морских условиях, увеличивают производительность, повышают качество данных. Основной задачей информационно-управляющей системы служит сбор и анализ получаемой информации с систем навигации, автоматического и дистанционного управления движением, передача и прием данных по радиоканалу и через сети сотовой связи с последующим доступом в интернет.

Для реализации функций управления применена реконфигурируемая система управления и сбора данных. Основное преимущество данной системы состоит в возможности оперативного изменения конфигурации системы, замены и добавления различных модулей ввода вывода данных. Шасси обладает восемью слотами, два из которых в настоящее время свободны. В случае изменения состава модулей необходимо будет провести программную реконфигурацию и продолжить работу. Микропроцессор и модули связаны между собой через ПЛИС по цифровому протоколу. ПЛИС позволяет практически одновременно опрашивать все датчики, производить первичную обработку данных и передавать их на микропроцессор. Программа для информационно управляющей системы написана на графическом языке программирования с использованием инструментов разработки приложений LabVIEW, Real-Time и FPGA Module. Данное решение, позволяет, разработать всю систему в рамках одного проекта используя готовые алгоритмы синхронизации и передачи данных между различными устройствами. Использование готовых протоколов существенно ускоряет процесс разработки программного обеспечения и реализации проекта в целом.

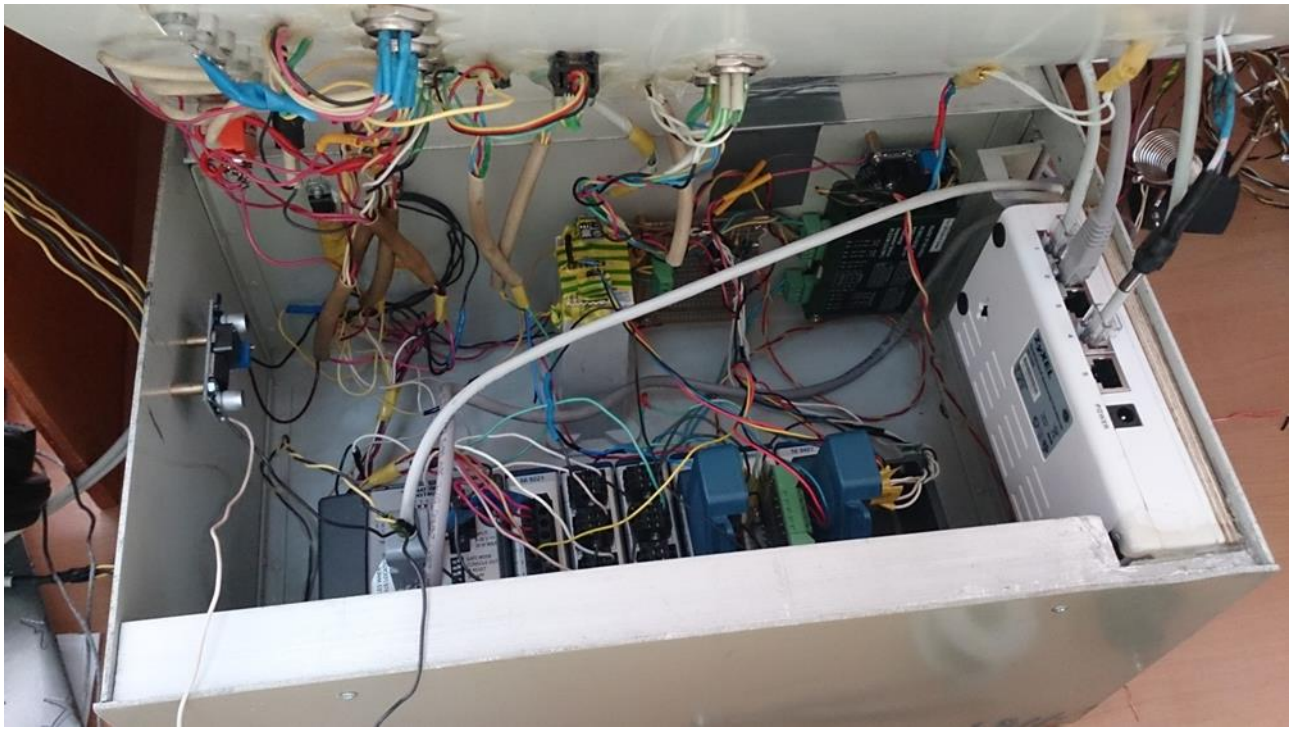


**Рисунок 1 – Информационно-управляющая система**

## 2. Оборудование и программное обеспечение

Программное обеспечение для решения поставленной задачи было выполнено в среде программирования NILabVIEW 13. Для реализации комплекса было использовано следующее оборудование:

- Платформа NIcRio 9101
- Контроллер 9012
- Шасси 9114
- Цифровой ввод/вывод 9401
- Аналого-цифровые преобразователей NI 9221, NI 9219

## 3. Описание решения

Роботизированный надводный аппарат выполнен на базе катамарана с жесткой платформой и полезной нагрузкой до 200 кг. В качестве накопителей энергии служат гелиевые аккумуляторные батареи с общей мощностью 4800 Вт. Роботизированный катамаран приводят в движение два коллекторных электрических двигателя мощность 500 Вт каждый. Автономность плавания составляет 6 часов при максимальной скорости до 10 км/ч.

Навигационная система катамарана состоит из навигационного модуля MTi-100 Xsens в котором объединены в одну систему GPS, гироскоп, акселерометр и магнитометр. На основании показаний этих датчиков навигационная система рассчитывает курс, килевую и носовую качку и координаты. Данные от навигационной системы поступают в систему управления, которая передает их по радиоканалу оператору в случае ручного режима управления. В случае активации режима удержания на курсе система управления опрашивает навигационную систему 10 раз в секунду и в зависимости от отклонения от заданного курса принимает решение об изменении передаваемого момента на каждый электромотор.

Катамаран оснащен аварийной системой поиска и сигнализации, в состав которой входит навигационный приемник, независимый радиопередатчик и приемник. Дополнительные средства свето-звукового обнаружения могут быть включены удаленно с судна носителя и автоматически при сближении с каким либо объектом. Аварийная система управления передает от катамарана только телеметрию, по которой оператор может определить местоположение аппарата и управлять им в ручном режиме. Система экстренной связи реализована на радиомодеме на частоте 433 МГц с частотной манипуляцией. В обычном режиме радиомодем передает служебную информацию независимо от других систем и никак не вмешивается в систему управления. В случае отказа основной системы управления, оператор переключает управления, на аварийную систему. Аварийная система управления имеет собственную независимую систему питания

Оснащение аппарата научным оборудованием осуществляется в зависимости от задачи. Поэтому система сбора данных выполнена модульной универсальной, реконфигурируемой в зависимости от задачи. Компьютер системы сбора данных в режиме реального времени осуществляет управление процессом сбора (по программе, заложенной в ПЛИС), предварительной обработки, передачей информации.

Дистанционное управление катамараном имеет 3 режима управления:

- дистанционный ручной режим оператором (при помощи джойстика задается скорость и направления движения);

- дистанционный режим автоматического следования по курсу (автопилот по курсу);

- дистанционный режим автоматического следования по заранее заданному маршруту (автопилот по маршруту).



Рисунок 2 – Многоцелевая роботизированная платформа.

**4. Внедрение и его перспективы**

Применение данной платформы, возможно на мелководьях озера Байкал, шельфах морей и внутриконтинентальных озерах и водоемах. Разработка данного программного модуля велась в рамках гос. задания № 1218 “Разработка гидроакустического профилографа с линейной частотной модуляцией для поиска аквальных газовых гидратов.

**5. Список литературы**


[1]. Ченский Д. А., Григорьев К. А. Многоканальный информационно-измерительный комплекс для подводных исследований / Современные методы и средства океанологических исследований (МСОИ-2015)”: Материалы XIV международной научно-технической конференции, 19-21 мая Москва 2015г. ББК26.221, М 34 ИО РАН 2015

[2]. 2. Caccia M., Bibuli M., Bono R., Bruzzone G., Bruzzone G., and Spirandelli E., “Unmanned surface vehicle for costal and protected water applications: The Charlie project,” Marine Technol. Soc. J., vol.41, no.2, pp.62-71, 2007.Что такое CompactRIO[Электронный ресурс] / LabVIEW– режим доступа http://www.labview.ru/products/articles/307/1688 , свободный

[3]. Баран Е.Д. LabVIEWFPGA. Реконфигурируемые измерительные и управляющие системы./ Москва ДМК Пресс,2009

[4]. Федосов В.П. Цифровая обработка звуковых и вибросигналов в LabVIEW / Москва ДМК Пресс,2010


**INFORMATION MANAGEMENT SYSTEM (IMS) OF UNMANNED MULTI-OPERATED**


D.A. Chensky , K.A. Grigoriev , A.G. Chensky

*Irkutsk National Research Technical University*



*Information management system (IMS)is created on the basis of controlling and data-collecting system called NI CompactRIO-9012. The software is coded on graphic language with the use of application development tools such as LabVIEW, Real-Time and FPGA Module.*

# К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКОЙ ВОКРУГ МОРСКИХ ПЛАВУЧИХ И ГРАВИТАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ

В.А. Беляшов к.т.н.[1], И.В. Титков д.т.н.[2], А.О. Горланов[2], А.И. Латушко[1]

*1. ФГУП «Крыловский государственный научный центр», г. Санкт-Петербург,*
*2. ООО «ДжиАйЭс Инновейшн», г. Санкт-Петербург,*

*В статье кратко рассматриваются возможности и результаты использования оборудования и программного обеспечения National Instruments для создания научно-исследовательского тренажерного комплекса моделирования операций управления ледовой обстановкой вокруг морских плавучих и гравитационных сооружений. Статья является продолжением работы «Автоматизированный комплекс проведения натурных экспериментальных исследований модели судна» [1], результаты которой были представлены в сборнике трудов XIII Международной научно-практической конференции «Инженерные и научные приложения на базе технологий NI NIDays-2014».*

*Ключевые слова: LabView, cRio, ледокол, управление ледовой обстановкой (УЛО), научно-исследовательский тренажерный комплекс, моделирование.*

## 1. Постановка задачи

Объекты обустройства месторождений континентального шельфа Арктики могут подвергаться воздействиям дрейфующих льдов различных типов и форм (например, поля ровного или торосистого льда, отдельные торосы, айсберги и их обломки, битый и колотый лед и т.п.), имеющих сложную траекторию, различную (изменяющуюся) скорость дрейфа. Кроме того, на морские плавучие и гравитационные сооружения в условиях континентального шельфа Арктики возможны воздействия ледовых образований различных типов совместно с волнами и приливами.

Управление ледовой обстановкой (УЛО) подразумевает различные оперативные мероприятия, которые могут выполняться для снижения глобальных и локальных ледовых нагрузок. Обычно УЛО используется для обеспечения поддержки эксплуатации плавучих систем в условиях наличия морского льда и (или) айсбергов, при этом его применение может оказывать существенное влияние на выбор концепции проектирования. УЛО может использоваться в целях снижения риска воздействия ледяных образований с большой осадкой на оборудование, устанавливаемое на дне моря. В некоторых случаях УЛО может применяться в целях изменения ледовых воздействий на морские стационарные и плавучие гравитационные сооружения.

Для нивелирования рисков, которые связаны с возможным взаимодействием объектов обустройства месторождений континентального шельфа Арктики с опасными (экстремальными) ледовыми образованиями, прежде всего, айсбергами и требуется разработка программно-измерительных систем и интеграция комплекса физического моделирования в опытный образец научно-исследовательского тренажерного комплекса моделирования операций управления ледовой обстановкой вокруг морских плавучих и гравитационных сооружений с его дальнейшей адаптацией для проведения тренажерной подготовки участников операций управления ледовой обстановкой. На данный научно-исследовательский тренажерный комплекс в 2016 году был получен Патент на изобретение [2] и ряд Свидетельств о государственной регистрации программы для ЭВМ [3, 4, 5].

Одним из этапов исследований, выполняемых в данном направлении, являлось использование дистанционно-управляемых моделей ледоколов и судов обеспечения в ледовом опытовом бассейне ФГУП «Крыловский государственный научный центр» для моделирования процессов управления ледовой обстановкой. В этой связи ООО «ДжиАйЭс Инновейшн» была разработана система управления судном и мониторинга элементов его движения.

Работа посвящена созданию элементов научно-исследовательского тренажерного комплекса моделирования операций управления ледовой обстановкой вокруг морских плавучих и гравитационных сооружений на основе применения оборудования «cRio» фирмы National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012. Для реализации комплекса были использованы следующие

изделия фирмы National Instruments: NI 9401 (2 шт.), NI 9205, NI 9516 (2 шт.), NI 9853, NI 9711 и шасси NI cRio NI 9082. Используемое оборудование National Instruments приведено на рис. 1.



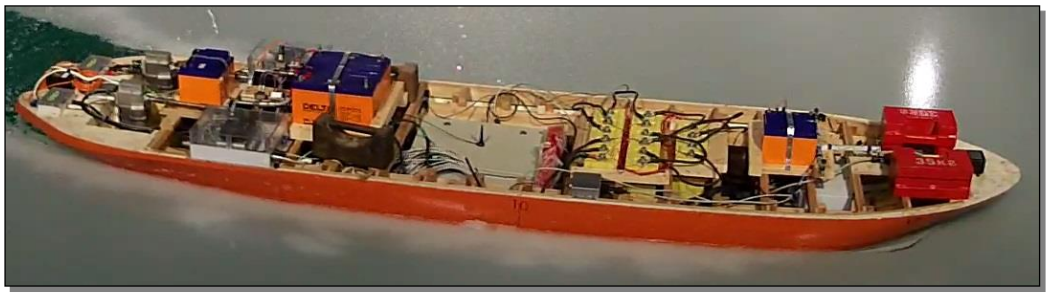
Рис. 1 – Используемое оборудование National Instruments

**3. Описание решения**

Научно-исследовательский тренажерный комплекс моделирования операций управления ледовой обстановкой вокруг морских плавучих и гравитационных сооружений содержит универсальный навигационный тренажер и блок физического моделирования движения ледокольных судов. [2]

Универсальный навигационный тренажер содержит инструкторские станции, учебные места в виде навигационных мостиков, стационарные обслуживающие технические средства. Стационарные технические средства содержат серверные станции и автоматизированные рабочие места. Автоматизированное рабочее место содержит средства виртуального моделирования внешних условий, систему разработки тренажерных баз данных, редактор математических моделей судов. [2]

Блок физического моделирования (рис. 2) содержит самоходную беспроводную дистанционно-управляемую модель ледокольного судна (рис. 2.А), беспроводной пульт управления (рис. 2.Б). Самоходная дистанционно-управляемая модель содержит автономный движительно-рулевой комплекс, автономную систему измерения сил и моментов в движительно-рулевом комплексе, автономную систему измерения кинематических и динамических параметров движения модели, автономную систему определения положения модели в пространстве, модуль управления, обработки и регистрации измерений. [2]





А. Б.

Рис. 2 – Элементы аппаратной части блока физического моделирования
А. Самоходная беспроводная дистанционно-управляемая модель ледокольного судна.
Б. Беспроводной пульт управления моделью судна.

Объект исследования – пятиметровая беспроводная дистанционно-управляемая модель ледокольного судна (см. рис. 2.А), на которой установлено оборудование NI, 2 мотора, 2 винто-рулевые колонки (ВРК), датчики сил на ВРК, adis 16480 (2 шт., акселерометры и гироскопы), аккумуляторы, а также элементы ультразвуковой системы определения координат модели ледокольного судна, которое управляется дистанционно (по радиоканалу). Обобщенная структурная схема блока физического моделирования комплекса изображена на рис. 3.

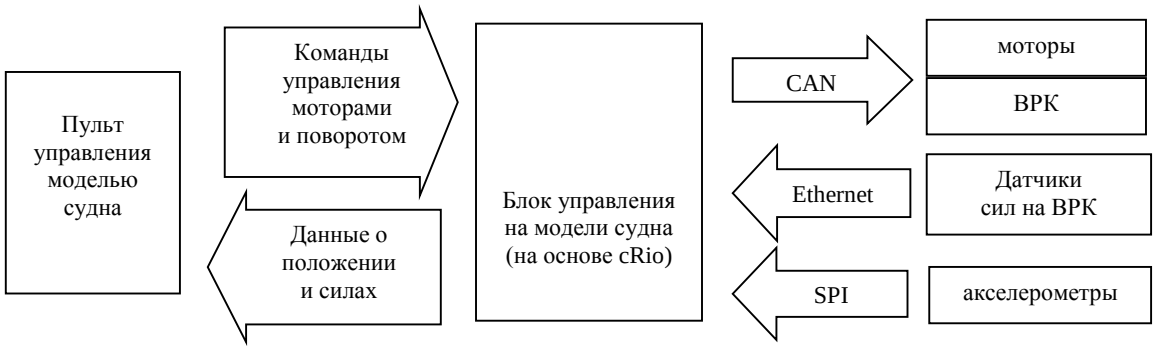



Рис. 3 – Обобщенная структурная схема блока физического моделирования

Блок управления, состоящий из оборудования NI, моторы, винто-рулевые колонки (ВРК), датчики сил ВРК, акселерометр (adis 16480) находится на модели ледокольного судна, пульт управления (см. рис. 2.Б) по wi-fi отправляет по протоколу tcp/ip значения скорости оборотов и тока на моторе, а также угол, на который необходимо повернуть ВРК.

Блок управления взаимодействует с моторами и ВРК по can-интерфейсу, а с акселерометром – по spi-интерфейсу. От блока управления на пульт управления передаются по беспроводному каналу значения сил на ВРК, реальная скорость оборотов моторов и положение (координаты) модели ледокольного судна, высчитанное по данным от акселерометров.

Пульт управления визуализирует текущее положение модели ледокольного судна, значения сил на ВРК, углы поворота и скорость вращения моторов. Вариант интерфейса программного обеспечения пульта управления беспроводной дистанционно-управляемой моделью ледокольного судна представлен на рис. 4.

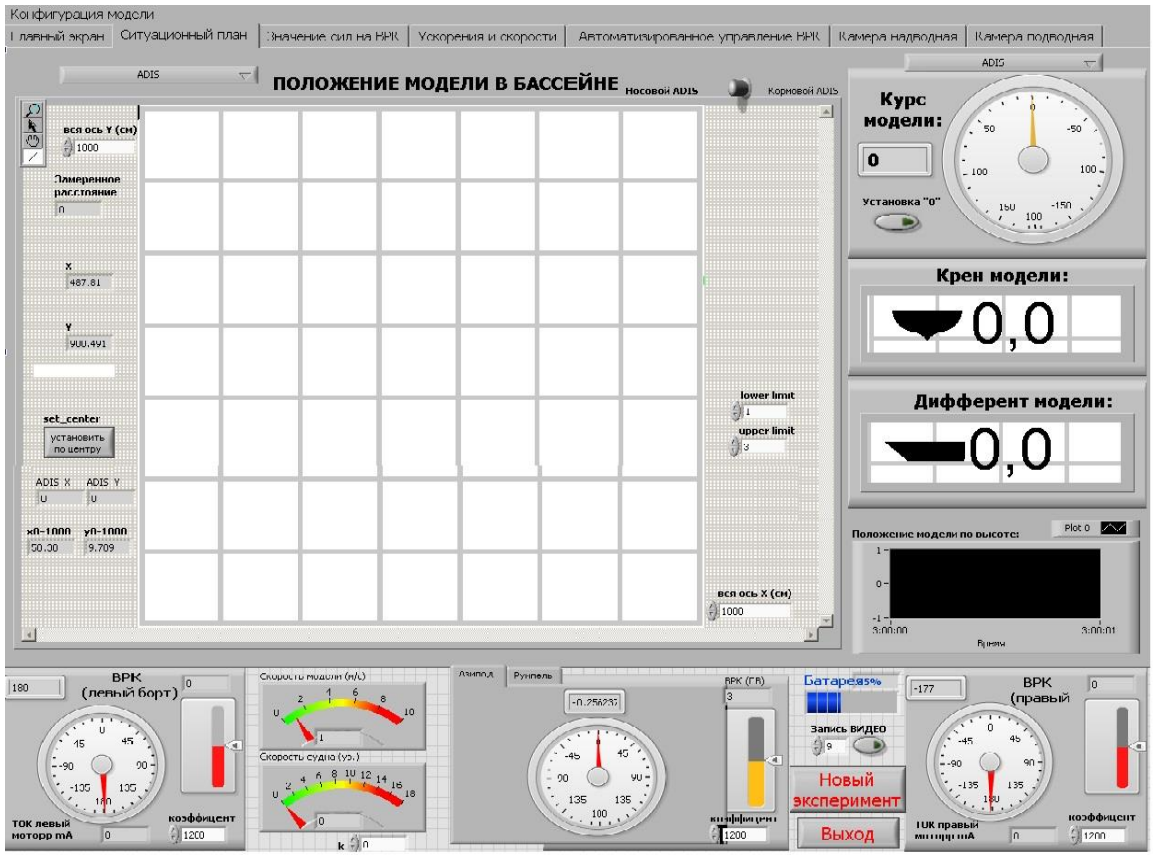
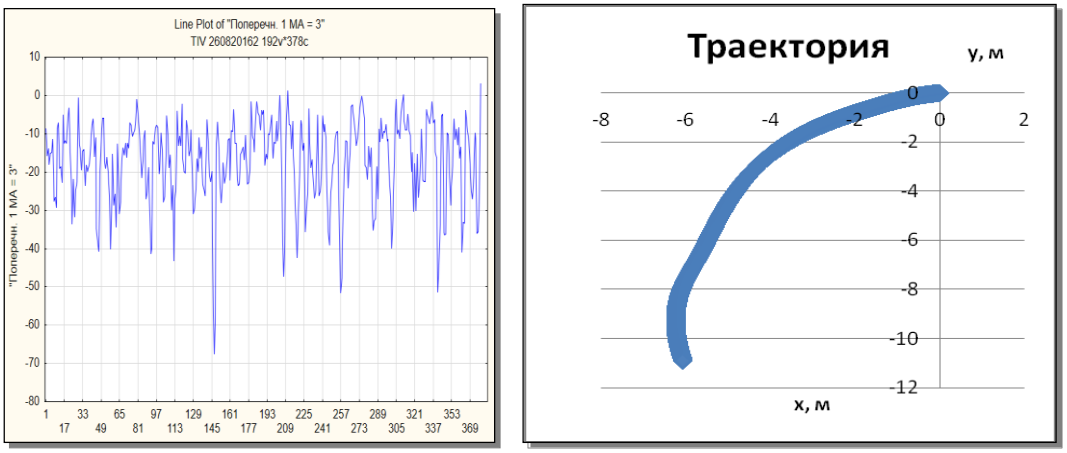



Рис. 4 – Вариант интерфейса программного обеспечения пульта управления моделью

После окончания экспериментальных исследований, система выдает полученные данные (в текстовом файле) о скорости вращения моторов, углах поворота и силах на ВРК (продольной, поперечной и скручивающем моменте), а также положение модели в бассейне для последующей обработки. Примеры получаемых характеристик сил и траектория представлены на рис. 5.




А. Б.

Рис. 5 – Примеры результатов экспериментальных исследований
А. Характеристика изменения силы на левой ВРК.
Б. Траектория движения модели ледокольного судна.

Созданная система успешно позволила моделировать различные маневры беспроводной дистанционно-управляемой модели ледокольного судна и исследовать особенности влияния сил при движении на ВРК, что позволило получить характеристики сил, действующих на реальные суда ледового класса. Данные результаты используются.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанный комплекс используется для моделирования и изучения особенностей процессов управления ледовой обстановкой. В будущем планируется выполнять подготовку лиц, участвующих в процессе управления ледовой обстановкой на базе созданного научно-исследовательского тренажерного комплекса моделирования операций управления ледовой обстановкой вокруг морских плавучих и гравитационных сооружений.

**5. Список литературы**

[1]. Беляшов В.А., Титков И.В., Шиганов А.В., Шиков А.Н. Автоматизированный комплекс проведения натурных экспериментальных исследований модели судна. Сборник трудов XIII международной научно-практической конференции «Инженерные и научные приложения на базе технологий NI NIDays – 2014», Москва 19-20 ноября 2014 г. – М.: LVR Пресс, 2014. С.377-380.

[2]. Беляшов В.А., Симонов Ю.А., Латушко А.И., Соколов А.Н., Казунин Д.В., Титков И.В. Научно-исследовательский тренажерный комплекс моделирования операций управления ледовой обстановкой вокруг морских плавучих и гравитационных сооружений. Патент РФ на изобретение №2593171 от 20.07.2016.

[3]. Смирнов К.А., Титков И.В., Семуха А.В. Программное обеспечение для сбора экспериментальных данных и дистанционного управления моделью судна методом физического моделирования в ледовом опытовом бассейне. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2013612562 от 20.06.2013.

[4]. Смирнов К.А., Титков И.В., Шиганов А.В., Беляшов В.А. Программное обеспечение обработки информации физического моделирования. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014614161 от 20.05.2014.

[5]. Беляшов В.А., Озерский А.М., Титков И.В., Шаповалов А.В., Цветков Т.В. Программа анализа результатов физического моделирования ледового менеджмента. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ №2014661780 от 20.12.2014.

# To the establishment of the research training complex for modeling management ice conditions around floating offshore and gravity structures

V.A. Belyashov Ph.D.[1], I.V. Titkov D.Sc. [2], A.O. Gorlanov[2], A.I. Latushko[1]
1. *Krylov state research centre, Saint Petersburg, Russia*
2. GIS-Innovations, *Saint Petersburg, Russia*

*The article discusses about possibilities and results of using equipment and software of National Instruments for creation research training complex that will simulate management ice conditions around floating offshore and gravity structures. The article is a continues of work «Automated complex full-scale experimental studies of ship model» [1]/ Results were presented in the collection XIII International scientific-practical conference «Engineering and scientific applications based on technologies NI NIDays-2014».*

*Keywords: LabView, cRio, icebreaker, management ice conditions, research training complex, modeling.*

# КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ SDN

С.С.Овинцовский[1], С.В.Розов[1]

1. *Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург*

*В статье рассматривается актуальность и принципы создания контроллера для управления SDN. Указаны его основные блоки. Описан принцип его деятельности.*

*Ключевые слова: передача данных, SDN, OpenFlow, оптимизация*

## 1.Постановка задачи

Для современных телекоммуникационных сетей характерно резкое увеличение объема передаваемой информации. Для увеличения пропускной способности, наряду с аппаратными решениями, необходимы разработка и отладка новых алгоритмов работы сети. Отладку новых алгоритмов работы и программирования контроллеров управления удобно реализовать в среде LabVIEW в силу гибкости и наглядности исследуемого процесса.

Целью работы является создание инструмента для разработки и отладки алгоритмов направления пакетов для SDN в среде LabVIEW.

В последнее время все большее развитие получают сети, построенные по типу SDN, подразумевающие разделение устройств на непосредственно передающие данные и устройства, строящие маршруты, т.е., отвечающие за логическую составляющую сети передачи данных [1]. Принципиальное отличие от существующих сетей заключается в том, что в последних каждое устройство принимает решение о направлении пакета самостоятельно по определённым, заложенным в него производителем алгоритмами (протоколами), где каждое устройство сети принимает решение о направлении пакета опосредовано (Рис. 1) [2].

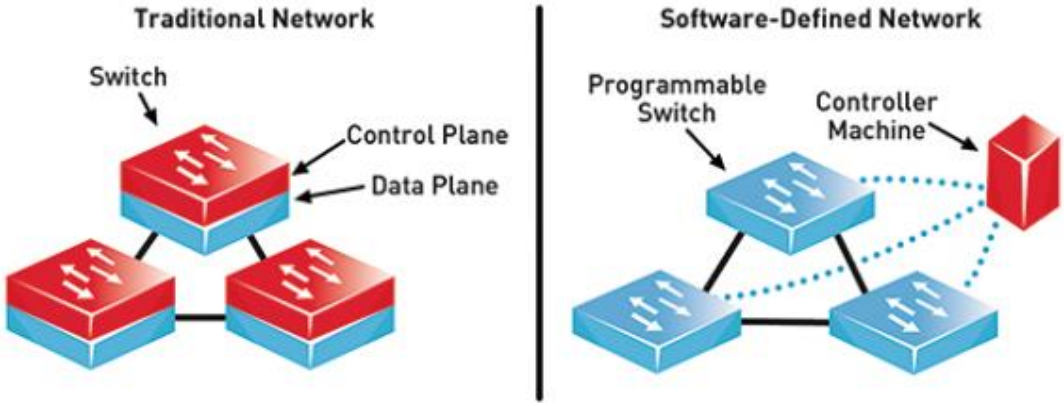



Рис. 1. Принцип работы традиционной сети и сети SDN

Задача работы состоит в эмуляции сети, принимающей решения согласно SDN алгоритмам. Разработки собственно контроллера на основе среды LabVIEW. Перед контроллером будут стоять задачи реализации возможности создания принципов распределения пакетов посредством визуального интерфейса - виртуального прибора, т.е. он должен стать инструментом для отладки правил для сетей, в которых предполагается реализовать SDN подход.

В работе рассмотрено создание контроллера на основе среды LabVIEW, который осуществляет составление необходимых потоков (маршрутов) и распределяет информацию о них по устройствам, непосредственно занимающимся направлением трафика.

## 2. Описание решения

На данный момент проект находится в состоянии планирования.

Контроллер будет состоять из двух частей:

1. Часть, реализующая алгоритм для создания в реальном времени интересующего нас принципа распределения пакетов
2. Часть, реализующая алгоритм для распределения нужного участка информации коммутаторам, которые будут выполнять свою часть действий для направления пакета

Соединение будет устанавливаться по следующему алгоритму (Рис. 2) [3].

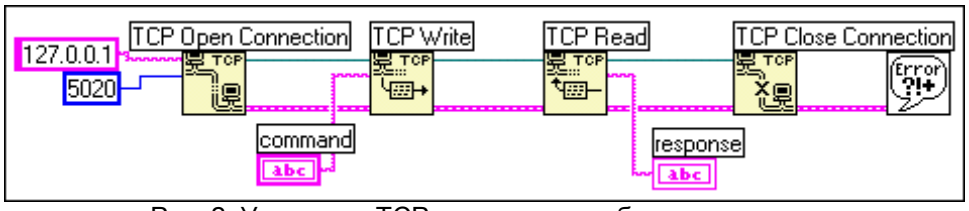


Рис. 2. Установка TCP сессии в виде блок схемы

Для реализации работы SDN используются чипы OpenFlow, как наиболее распространенная на данный момент технология для развёртывания SDN. Эти чипы уже на данный момент встроены в часть сетевого оборудования последних моделей. Чип позволяет хранить необходимую маршрутную информацию на коммутаторе [4]. Таким образом, перед контроллером LabVIEW стоит задача программирования этих дискретных устройств.

Интерфейс разрабатываемого в среде LabVIEW виртуального прибора контроллера показан на Рис. 3, в нём преследуется цель обеспечить удобную среду для создания различных эффективных /уникальных алгоритмов для обработки пакетов в сети, затем переводить полученную схему в OpenFlow команды и передавать необходимую информацию на коммутаторы (посредством TCP сообщений), которые будут задействованы для реализации программируемого потока.

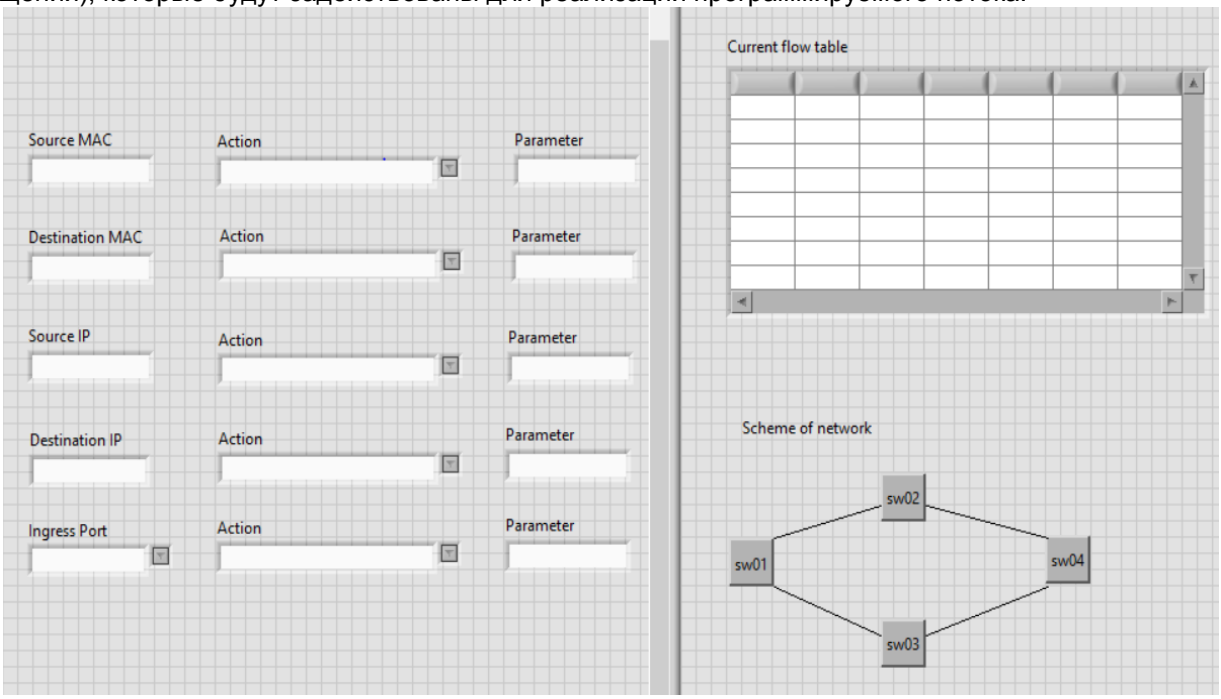


Рис. 3. Пример внешнего вида разрабатываемого прибора

**3. Перспективы**

Преимущество и оригинальность представленного решения заключается в простоте задания необходимых алгоритмов распределения трафика, которые обеспечивают скорость изменения текущего алгоритма, т.е. основное применение этого контроллера будет состоять в отладке принципов распределения пакетов, тестирования отказоустойчивости и эффективности тех или иных методов распределения пакетов. Для этих целей LabVIEW наиболее эффективная среда, ввиду возможности создания простого, понятного и гибкого интерфейса для управления алгоритмами, а также проста для добавления принципиально новых алгоритмов обработки пакетов SDN.

**4. Список литературы**

[1]. Сайт “CNEWS” (издание о высоких технологиях) [Электронный ресурс]. Дата обновления: 10.05.2016. URL: http://www.cnews.ru/news/line/2016-05-10_huawei_i_baidu_realizuyut_pervuyu_v_kitae_opticheskuyu (дата обращения: 14.10.2016).

[2]. Официальный сайт Cisco [Электронный ресурс]. Дата обновления: 9.04.2016. URL: http://www.cisco.com/c/en/us/solutions/software-defined-networking/overview.html (дата обращения: 14.10.2016).

[3]. Официальный сайт National Instruments [Электронный ресурс]. Дата обновления: 07.10.2015. URL: http://www.ni.com/white-paper/2710/en/ (дата обращения: 14.10.2016).

[4]. Официальный сайт Open networking foundation [Электронный ресурс]. Дата обновления: 26.03.2015. URL: https://www.opennetworking.org/images/stories/downloads/sdn-resources/onf-specifications/openflow/openflow-switch-v1.5.1.pdf (дата обращения: 14.10.2016).

**CONTROLLER FOR SDN MANAGEMENT**

S.S. Ovintsovskiy[1], S.V. Rozov[1]

*1. St. Petersburg Polytechnic University, Saint-Petersburg, Russia*

*The article discusses the creation of controller for SDN. Describes the process of creation, application this virtual device. Consider steps of configuration, operating principle.*

*Keywords: data transmission, SDN, OpenFlow, optimization.*

# КОНТРОЛЬ ШЛАКА В СТАЛЬКОВШЕ ПРИ СЛИВЕ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОВШ

Д.А. Полещенко, Ю.А.Коврижных

*Старооскольский технологический институт им А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", г. Старый Оскол*

*В статье рассматривается лабораторный опыт для создания вибрационной системы закрытия шибера стальковша при сливе металла. При проведении опытов, использовано оборудование фирмы National Instrument. Приведены описание и возможности программного обеспечении, реализованного в програме LabView 2013.*

*Ключевые слова: National Instrument, вибрация, шлак, стальковш, промковш,*

## 1. Постановка задачи

Процесс слива металла из сталеразливочного ковша в промежуточный ковш является важным технологическим переделом в процессе производства металла, сильно влияющим на качество литой заготовки и в последующем на готовую продукцию. Одной из существенных проблем данного процесса является несвоевременная отсечка шлака, который плавает на поверхности жидкого металла в сталеразливочном ковше. Если оператор не успел вовремя закрыть шибер, то в промежуточный ковш попадают неметаллические включения, которые снижают качество литой заготовки, что сказывается на ее стоимости[1].

При отсутствии автоматизированных систем оператор–разливщик визуально определяет выход шлака на поверхность струи благодаря цветовому различию металла и шлака.

Однако данный режим работы не является эффективным, так как он усугубляется сложными условиями работы, такими как, например, тепловое излучение, что существенно затрудняет визуальный контроль за процессом. При данном способе контроля удается отсечь шлак при наличии его некоторого объема в сливной трубе.

Для полного исключения попадания шлака существует практика расчета массы шлака и закрытия шибера на раннем этапе. Но при данном подходе увеличиваются потери годного металла.

Для решения данной проблемы существует несколько методов контроля шлака в емкости.

Из всех возможных вариантов решения данной проблемы самым целесообразным является метод контроля шлака по вибрации манипулятора защитной трубы.

Суть данного метода заключается в следующем: устанавливается датчик вибрации на металлургическом оборудовании (манипуляторе защитной трубы, промежуточном ковше), который будет фиксировать вибрации, появляющиеся при сливе жидкого металла[2].

Программное обеспечение, написанное в среде LabView 13.0, позволит рассчитывать спектр данного сигнала и производить фильтрацию сигнала для подавления шумов вызванных технологическим оборудованием во время работы.

Данная система позволит существенным образом снизить количество неметаллических включений в конечном продукте.

Экономическая эффективность и обоснование использования автоматической системы обнаружения шлака складывается в основном из следующих составляющих:

1. Повышение качества стали.
2. Снижение прямых затрат на ферросплавы и алюминий, добавляемых в сталь и вступающих в реакцию со шлаком.
3. Уменьшение потерь при аварийных ситуациях, обусловленных уменьшением стойкости шиберного затвора сталеразливочного ковша при прохождении через него шлака с высокой долей окислов.
4. Снижение затрат на футеровку ковшей, разрушающуюся под воздействием шлака.

## 2. Используемое оборудование и программного обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования LabView 13.0, модуль преобразования вибрационного сигнала в цифровой NI и АЦП 9234 для обработки сигнала.

## 3. Описание решения

Объект исследования – ППС-ПК, расположенный на высоте 10 метров. На подъемно поворотный стенд устанавливается стальковш. Внизу стальковша имеется шибер для слива из него жидкого металла. При помощи манпулятора оператор подводит сливную трубу под шибер стальковша и

фиксирует её. После открытия шибера жидкий металл начинает сливаться в промежуточный ковш. Во время слива металла вибрация от сливной трубы передается на манипулятор. Пьезоэлектрический акселерометр улавливает вибрации. Во время подхода шлака к сливному шиберу вибрации снижаются из-за разной плотности и вязкости жидкостей[3]. По разнице в вибрациях определяется момент закрытия шибера.

Для лучшего понимая поведения вибрации во время слива металла было необходимо создание лабораторной модели процесса слива металла.



А Б

Рис 1. А - Модель слива металла Б – модель промежуточного ковша

Выполненная в масштабе 1:30 данная модель полностью имитирует процесс слива металла. В модели промежуточного ковша воссозданы перегородки, между которыми и опускается сливная труба.

После создания лабораторной модели были выполнены расчеты для имитации жидкого металла и шлака. В качестве жидкого металла была взята вода, а в качестве шлака моторной масло. Данные расчеты подтверждаются японскими и китайскими исследователями поведения сталеплавильных процессов[4].

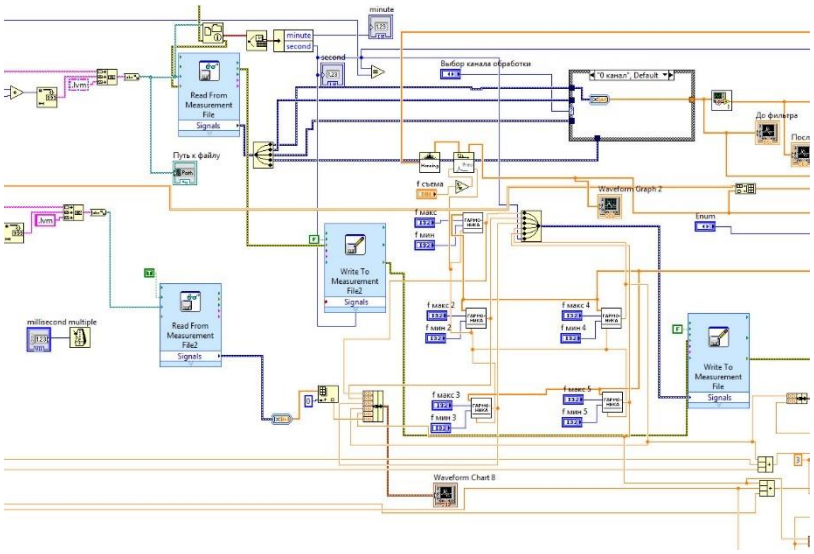



Рис 2. Программа в среде LabView 2013

В программном обеспечении LabVIew реализовано разложение сигнала в спектр при помощи ряда Фурье. Данный процесс позволяет выявлять определенные колебания в узком диапазоне частот. Так же программно реализовано фильтрование сигнала при помощи фильтра Чебышева.

После проведения лабораторных исследований пришли к выводу что за 5-10 секунд до появления шлака (масла) в сливной трубе имеет место падение амплитуды сигнала в диапазоне частоты от 10 до 400 Гц. Эти данные были подтверждены десятью опытами. На рисунке приведены 4 из них.

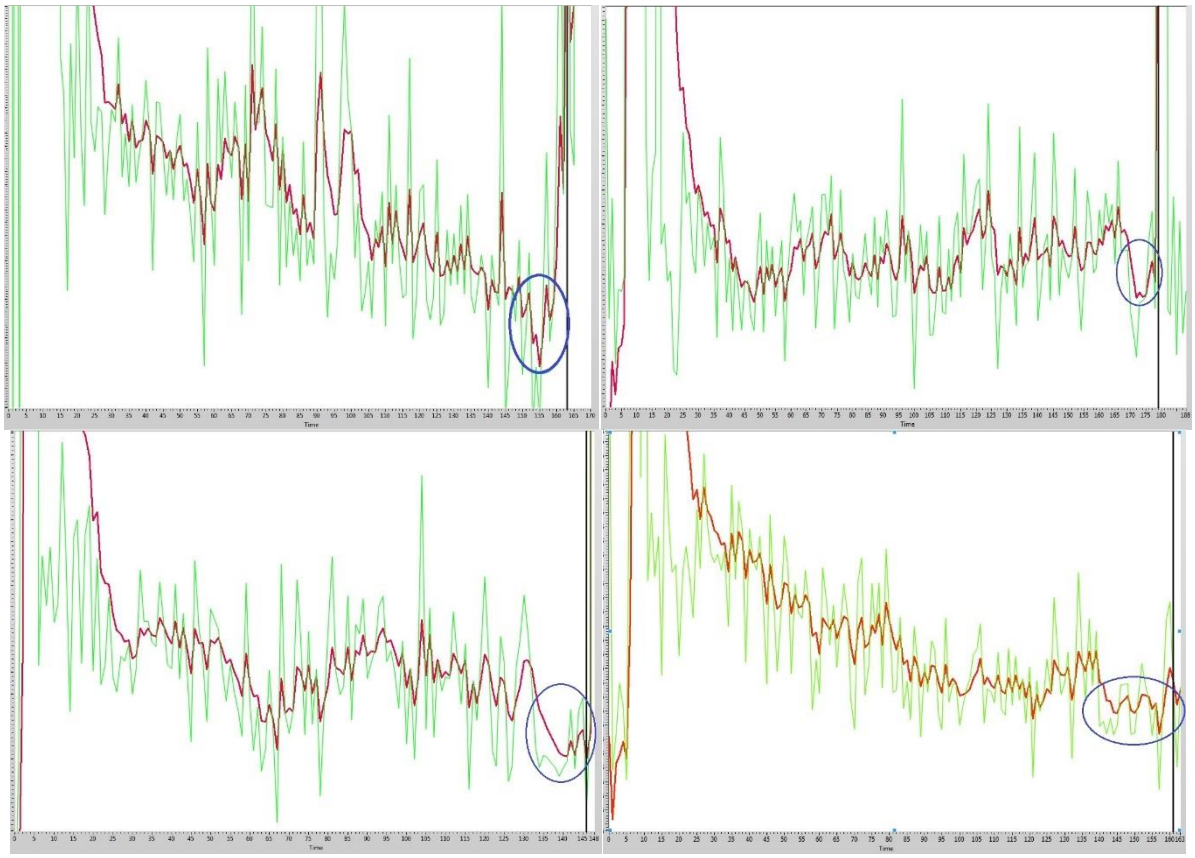


Рис 3. Результаты опытов проведенные на лабораторном стенде, имитирующем разливку стали

На графиках зеленый цвет – колебания снятые с датчика, красный цвет – фильтрованный сигнал (среднее по трем значениям)

**4. Внедрение и его перспективы**

После проведения лабораторных исследований целесообразно проведение опыта на реальной установке МНЛЗ для корректировки и настройки фильтрации сигнала, после чего возможно внедрение данной системы на объект.

**5. Список литературы**


[1]. Воскобойников В.Г. и др. Общая металлургия - 6-изд., перераб. и доп. - М.: ИКЦ «Академкнига», 2005 - 768 с.

[2]. Марплмл.С.Л. Цифровой спектральный анализ и его приложения: Пер. с англ. М.:Мир, 1990.

[3]. Поволоцкий Д.Я. Электрометаллургия стали и ферросплавов. Изд. «Металлургия»

[4]. Zhang Li Huang. Water modeling of turbulence inhibitor in tundish. Iron and Steel. 2002-12


**Control slag ladle when draining the molten metal in the tundish**


D.A. Poleschenko Y.A.Kovrizhnykh

*Stary Oskol Technological Institute A.A. Ugarov (branch) FGAOU VO "National Research Technological University" MISA ", Stary Oskol*



The article discusses the laboratory experience to create a vibration system closing gate ladle with metal sink. During the experiments, we used National Instrument equipment company. The description and software and implemented in the program LabView 2013.



*Keywords: National Instrument, vibration, slag, ladle, tundish,*

# КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСТОЧНИКОВ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА БАЗЕ NI MYRIO

К.А. Богачев, И.А. Иванов, П.С. Королев

*НИУ ВШЭ, г. Москва*

*В работе представлено решение для разработки комплекса автоматизированного контроля ключевых параметров источников вторичного электропитания. Предложена структура комплекса, ключевым элементом которой является программируемая платформа NI MyRIO, выполняющая функции управления, генерации тестовых сигналов и анализа результатов контроля.*

*Ключевые слова: источник вторичного электропитания, эквивалент нагрузки, входной контроль, автоматизированный контрольно-измерительный комплекс, MyRIO.*

## 1. Постановка задачи

Источники вторичного электропитания (ИВЭП) являются неотъемлемой составляющей большинства электронных средств, преобладающая часть которых относятся к источникам импульсного типа. Они выполняют роль преобразования сетевого напряжения (переменного) в постоянное определенного значения, которое требуется для исправной работы готовых печатных узлов электронных средств. Техническое состояние ИВЭП характеризуется рядом характеристик: входные, выходные, временные и переходные [4]. Эти характеристики должны контролироваться у производителя, а именно как на стадиях математического моделирования и проектирования схем электрических принципиальных (СЭП), так и на этапах производства, имея дело с реальным объектом, т.е. на выходном контроле. Закупая ИВЭП, прошедших этап выходного контроля, заказчику перед их установкой в состав различных систем, необходимо провести уже входной контроль. Зачастую эта процедура проводится с помощью ручных электронных приборов (вольтметр, амперметр, осциллограф, электронная нагрузка) [2] и недостаточно квалифицированными инженерами, что сказывается на качестве выходного и входного контроля, и делает невозможным охват всех необходимых характеристик. Данный факт влечет за собой возрастание вероятности возникновения неисправности в ИВЭП и обуславливается нехваткой доступных автоматизированных контрольно-измерительных комплексов (АКИК), позволяющих в полной мере обеспечить проверку всех электрических характеристик контролируемого источника электропитания. Стоит отметить, что на сегодняшний день мобильных АКИК не существует.

Исходя из вышеизложенного, актуальным является создание универсального по массогабаритным показателям АКИК, позволяющего проводить входной контроль источников вторичного электропитания на соответствие нормативной документации по абсолютно всем электрическим характеристикам, измеряемых в автоматическом режиме перед их установкой в состав других электронно-вычислительных систем или комплексов, а также в ходе эксплуатации.

Работа посвящена созданию автоматизированного контрольно-измерительного комплекса для проведения входного контроля источников вторичного электропитания на основе применения платформы NI MyRIO фирмы National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для моделирования работы автоматизированного контрольно-измерительного комплекса и решения текущих исследовательских задач, связанных с реализацией проекта, разработано специализированное программное обеспечение в среде программирования NI LabVIEW 15 с модулем NI LabVIEW Control Design and Simulation Module. Также осуществлена интеграция программного комплекса Multisim 14 и платформы NI LabVIEW 15.

Контрольно-измерительный комплекс планируется реализовать на основе платформы NI MyRIO.

## 3. Описание решения

Обобщенная структура АКИК реализации входного контроля электрических характеристик источников вторичного электропитания показана на рисунке 1. В ней предусмотрена возможность осуществлять входной контроль ИВЭП электронных средств, в частности смартфонов, планшетов, портативных зарядных устройств, лабораторных блоков питания, а также блоков питания стандарта ATX и ноутбуков.

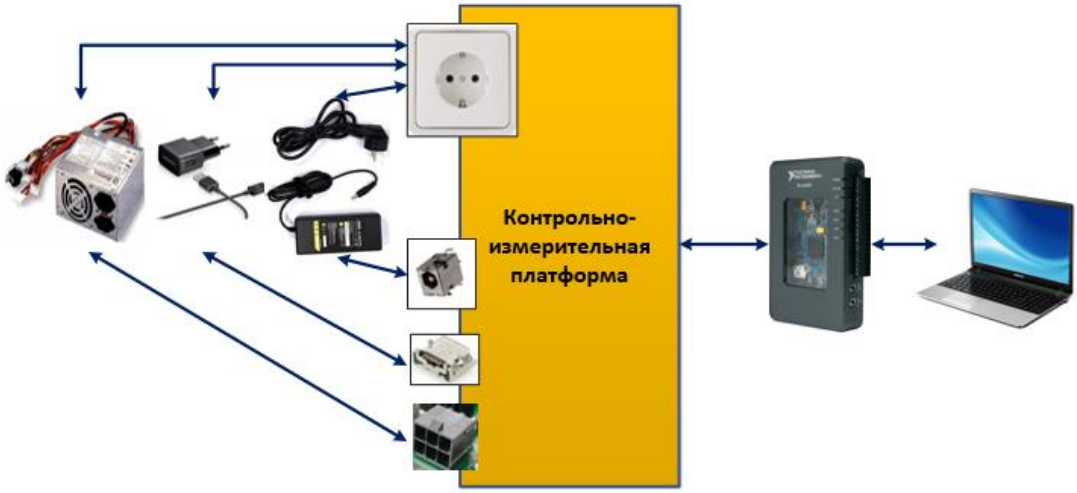



Рис. 1. Обобщенная структура АКИК.

В состав автоматизированного контрольно-измерительного комплекса входного контроля источников вторичного электропитания входят следующие компоненты: персональный компьютер, платформа NI MyRIO [1], контрольно-измерительная платформа.

Персональный компьютер необходим для управления процессом контроля и должен иметь специально разработанный программный комплекс, поддерживающий одну платформу с NI MyRIO. Этому удовлетворяет графическая среда разработки приложений LabVIEW. MyRIO позволяет обрабатывать информацию, подавать необходимые воздействия, передавать информацию по Wi-fi и через порты ввода/ вывода. Контрольно-измерительная платформа (КИП) представляет собой печатный узел, помещенный в корпус и включающий стандартные входные разъемы для подключения различных типов интерфейсов ИВЭП, выходные (MSP и MXP) для подключения к MyRIO и электрическую розетку для подключения сетевого кабеля ИВЭП (см. рис.2). Работает такая платформа от сети 220 В.

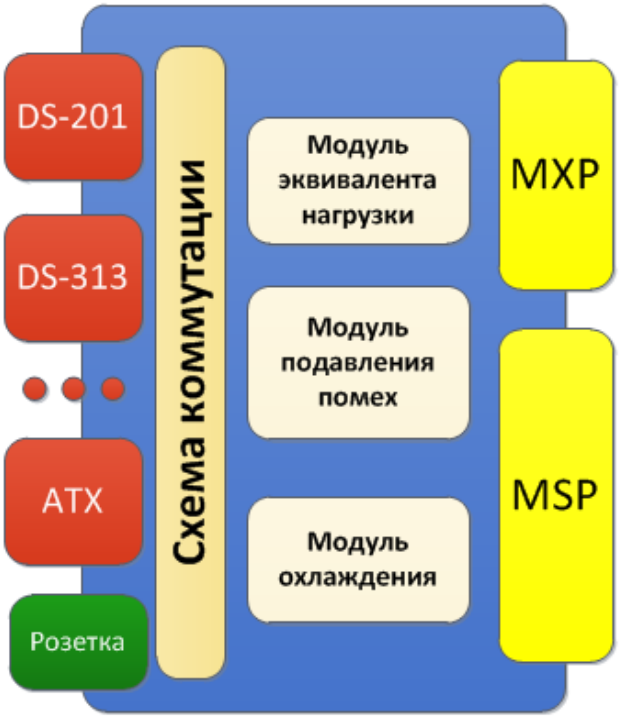



Рис. 2. Структура КИП в общем случае.

Делая вывод из вышеизложенного, необходимо сказать о сложности разработки такого АКИП в целом для всех возможных видов ИВЭП из-за масштабности задачи. Поэтому принято решение о

создании такой системы для определенного вида, а именно для ноутбуков, что придаст модульный подход данному комплексу.

КИП оборудован входными интерфейсами импульсных источников вторичного электропитания для удобного взаимодействия (соединения). Также размещена электрическая розетка для обеспечения работы самой контрольно-измерительной платформы.

На выходе КИП размещены MXP и MSP-порты, необходимые для взаимодействия с платформой MyRIO.

Основной составляющей данной контрольно-измерительной платформы является модуль эквивалента нагрузки. Он представляет собой модуль на печатном узле КИП, выполняющий роль потребителя тока, как это делают составные части, входящие, в частности, в состав ноутбука. Каждая составная часть потребляет индивидуальное значение тока в различных режимах (постоянный, динамический).

Управление модулем эквивалента нагрузки осуществляется MyRIO согласно заданному алгоритму (заложенному в программу или установленного пользователем) работы эквивалента нагрузки в соответствии со стандартами проведения входного контроля. А также имеется возможность ручной настройки проведения режима испытаний (входного контроля).

Встроенный в КИП модуль подавления помех необходим для фильтрации помех в сети питания и в самой контрольно-измерительной платформе с целью предотвращения выхода из строя содержащихся в ней электрорадиоизделий, а также получения корректных измеренных значений электрических физических величин.

Модуль охлаждения нужен для отвода тепла, выделяемого электрорадиоизделиями модуля эквивалента нагрузки. Он включает в себя кулер, радиатор и термодатчик. На основе измеренной температуры в модуле, в соответствии с заданным алгоритмом, MyRIO осуществляет управление оборотами кулера.

Виртуальный прибор управления модулем эквивалента нагрузки (интерфейс пользователя) продемонстрирован на рисунке 3.

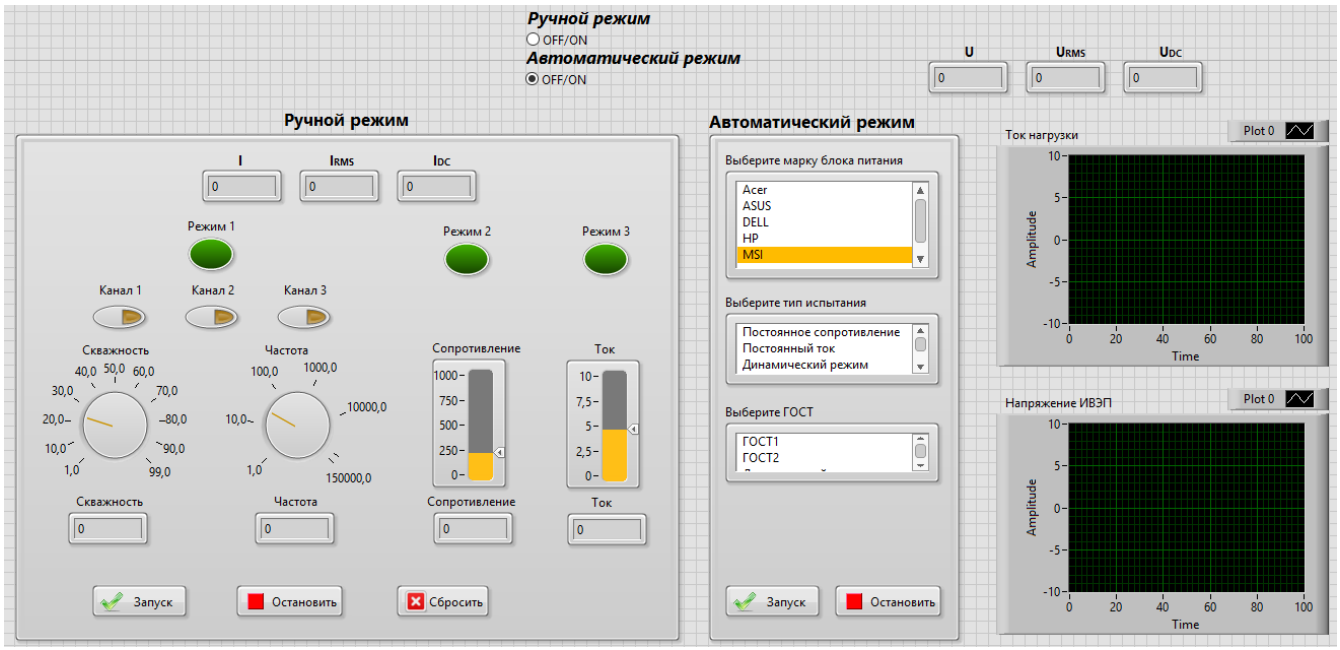



Рис. 3. Виртуальный прибор управления модулем эквивалента нагрузки (интерфейс пользователя).

Использование предлагаемого комплекса на предприятиях позволит повысить эффективность и качество входного контроля источников вторичного электропитания за счет снижение трудоемкости процедур оценки ключевых параметров и минимизации влияния человеческого фактора.

**4. Внедрение и его перспективы**

В настоящий момент реализуемый проект находится на этапе моделирования. В ближайших перспективах планируется изготовление прототипа комплекса и его натурные испытания.

**5. Список литературы**


[1]. User Guide And Specifications NI myRIO-1900.

[2]. Дедюхин А.А. ЗАО «ПриСТ» Электронные нагрузки серии АКИП-13xx и их использование для тестирования источников питания. URL: http://www.prist.ru/info/articles/akip_electronic_loads.htm

[3]. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. Практическое руководство для работы в программной среде LabVIEW. – М: ДМК Пресс, 2007. – 400 с.

[4]. Методика тестирования блоков питания. Сайт компании «ФЦЕНТР». URL: http://fcenter.ru/online/hardarticles/tower/22647(дата обращения 03.02.2016).


**CONTROL AND MEASURING SYSTEM FOR SECONDARY POWER SOURCES BASED ON NI MYRIO**


K.A. Bogachev, I.A. Ivanov, P.S. Korolev

*National Research University Higher School of Economics*



*The paper presents a solution for the development of the complex automated control of key parameters of the secondary power source. A complex structure, the key element of which is a programmable platform NI MyRIO, performing control functions, generating test signals and analysis of inspection results.*



*Keywords: secondary power source, dummy load, input control, automated control and measurement system, MyRIO.*

# МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Н.Д. Наракидзе[1], Ш.В. Ахмедов[1], Д.В. Шайхутдинов[1], И.А. Стеценко[1]

*1. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Ростовская обл., г. Новочеркасск*

*В статье предложена мобильная система контроля железобетонных конструкций, основанная на вихретоковом методе, позволяющая измерять диаметр арматуры в железобетонной конструкции и определять толщину защитного слоя бетона. Система реализована на базе платы sbRIO-9637 National Instruments под управлением программы, созданной в LabVIEW.*

*Ключевые слова: sbRIO, контроль арматуры, вихретоковый преобразователь, мобильная система.*

## 1. Постановка задачи

Контроль параметров армирования железобетонных конструкции при проведении строительных работ является актуальной задачей, что подтверждается наличием соответствующего ГОСТ 22904–93 «Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры» [1]. Ввиду того, что доступ к контролируемой арматуре ограничен, важным является использование неразрушающих методов контроля [2]. В настоящее время представлен ряд приборов для контроля указанных параметров, однако их точность измерения является недостаточной [3]. Поэтому предложена мобильная система контроля железобетонных конструкций, основанная на вихретоковом методе, позволяющая измерять диаметр арматуры в железобетонной конструкции и определять толщину защитного слоя бетона с более высокой точностью.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 13 с использованием платы NI sbRIO-9637 [4].

## 3. Описание решения

На рис.1 представлена структурная схема предлагаемой системы.

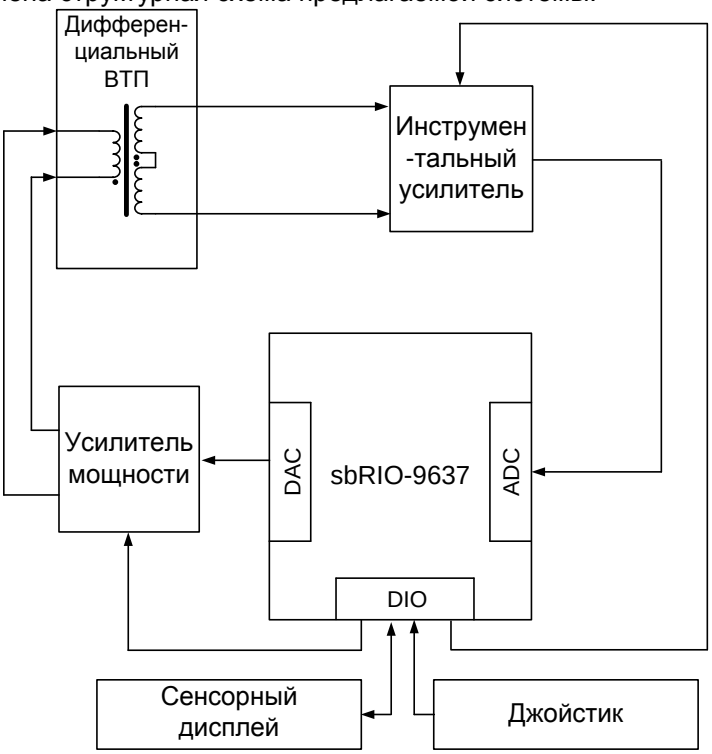



Рис. 1. Структурная схема системы

В качестве датчика используется дифференциальный вихретоковый преобразователь (ВТП), состоящий из возбуждающей обмотки и двух измерительных, включенных встречно. Возбуждающий сигнал заданной формы, частоты, фазы и амплитуды (указанные параметры задаются в управляющей программе) подается на дифференциальный ВТП с выхода DAC платы NI sbRIO-9637 через усилитель

мощности с программируемым коэффициентом усиления. При взаимодействии ВТП с объектом контроля, в нем наводятся вихревые токи, которые изменяют выходной сигнал с измерительных катушек пропорционально толщине объекта и расстояния до него. Далее измерительный сигнал подается на инструментальный усилитель, коэффициент усиления которого автоматически рассчитывается управляющей программой и программируется через порты DIO платы NI sbRIO-9637. Затем, усиленный до необходимого уровня сигнал, подается на ADC, где он преобразуется в цифровой вид для дальнейшей программной обработки, которая заключается в цифровой фильтрации, выделении амплитудной составляющей сигнала и разности фаз с сигналом на возбуждающей и измерительных обмотках.

По результатам полученных данных производится вычисление диаметра арматуры и толщины защитного слоя бетона. Контролируемые параметры отображаются на сенсорном дисплее, а также, по выбору пользователя, сохраняются на карту памяти с возможность обработки измеренных данных на других устройствах.

Кроме того, посредством сенсорного дисплея и джойстика задаются режимы работы системы: тип генерируемого сигнала для возбуждающей обмотки дифференциального ВТП, его частота, амплитуда и фаза; диапазон измеряемого диаметра арматуры и толщины защитного слоя бетона.

На рис.2 представлен внешний вид макета мобильной системы контроля железобетонных конструкций.




Рис. 2. Внешний вид макета

**4. Внедрение и его перспективы**

Результаты работы получены в рамках выполнения договора 9865ГУ2/2015. Предлагаемая система планируется к внедрению в ряде строительных организаций и соответствующих контролирующих органов.

**5. Список литературы**


[1]. ГОСТ 22904–93. Конструкции железобетонные. Магнитный метод определения толщины защитного слоя бетона и расположения арматуры.

[2]. А.В. Улыбин Методы контроля параметров армирования железобетонных конструкций //Инженерно-строительный журнал. – 2012. – №1; URL:http://engstroy.spbstu.ru/index_2012_01/ulybin.pdf.

[3]. Ахмедов Ш.В., Шайхутдинов Д.В., Горбатенко Н.И., Кревченко Ю.Р. К выбору принципа функционирования устройства высокоточного измерения параметров арматуры // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1; URL: http://www.science-education.ru/121-18963.

[4]. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/213224 – раздел на сайте National Instruments


**MOBILE MONITORING SYSTEM OF STEEL CONCRETE CONSTRUCTIONS**


N. D. Narakidze, S.V. Akhmedov, D. V. Shaykhutdinov, I. A. Stetsenko

*Platov South-Russia State Polytechnic University (NPI) Novocherkassk, Russia*



*In article the mobile monitoring system of steel concrete constructions based on eddy current method, allowing to measure diameter of armature in steel concrete construction and to determine thickness of protective layer of concrete is offered. The system is realized on the basis of board of sbRIO-9637 National Instruments under control of the program created in LabVIEW.*



*Keywords: sbRIO, control of armature, eddy current transformer, mobile system.*

# ПОДСИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ МОНИТОРОВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЕФИБРИЛЛЯТОРА

И.А. Стеценко[1], В.И. Леухин[1]

*1. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Ростовская обл., г. Новочеркасск,*

*В статье предложена реализация подсистемы определения времени восстановления работоспособности электрокардиографических реанимационных мониторов после воздействия высоковольтных импульсов дефибриллятора.*

*Ключевые слова: sbRIO, реанимационный монитор, система мониторинга жизненных показателей, устойчивость к разрядам дефибриллятора.*

## 1. Постановка задачи

Системы мониторинга жизненных показателей пациента или электрокардиографические мониторы, как приборы типового оснащения медицинских учреждений, регламентированы по параметрам и характеристикам национальными и международными стандартами. Сформирована система обязательного контроля, которая постоянно усложняется и наращивается. Поэтому совершенствование методик испытаний и контроля, прежде всего полное исключение ручных операций и автоматизация процесса испытаний является крайне актуальной задачей.

ГОСТ Р МЭК 60601-1-2010 «Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик» устанавливает требования к проверке реанимационных мониторов на сохранение работоспособности и времени восстановления после воздействия импульсов дефибриллятора, амплитуда которых достигает до 5 кВ за время не более 10 секунд [1].

Разработанная методика испытания включает в себя алгоритмы проверки медицинской техники, разработанные согласно ГОСТ, функциональную схему стенда для испытания защитных частей медицинской аппаратуры на устойчивость к разрядам дефибриллятора (рис.1.), программу управления стендом, предусматривающую дистанционное управление с использованием протокола *Bluetooth*.

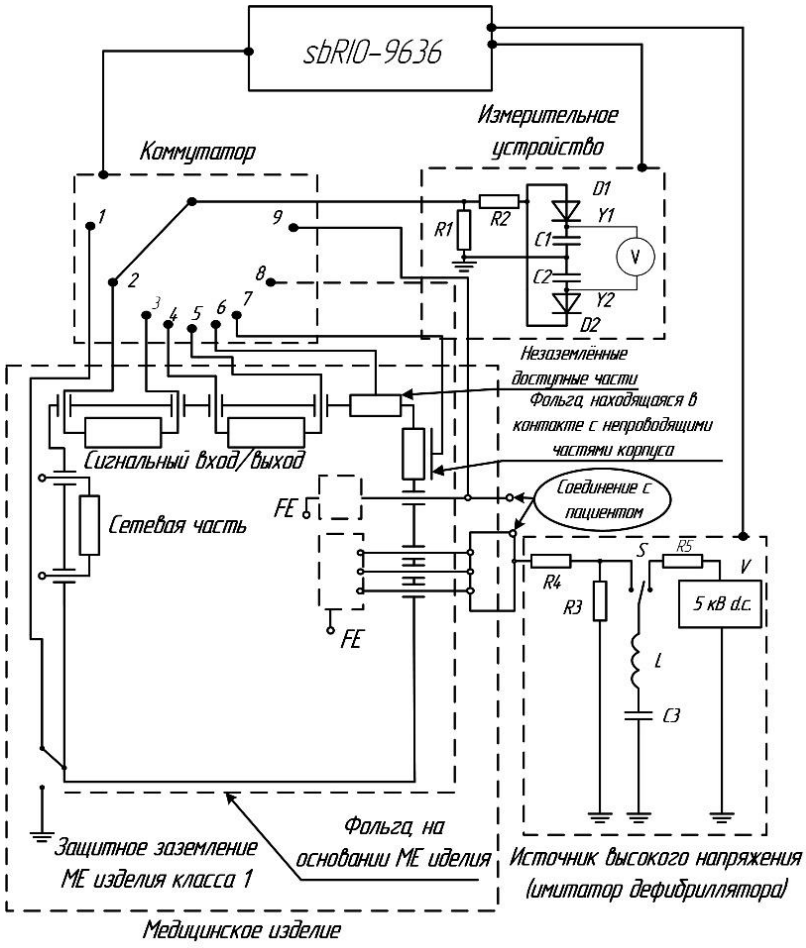



Рис. 1. Функциональная схема стенда

Источник высокого напряжения формирует высоковольтный импульс, разряд которого производится на соединенённого с пациентом медицинского изделия, коммутатор производит соединение точек контроля на медицинском изделии и измерительном устройстве. Данные о результатах испытаний с измерительного устройства поступают на устройство управления. В качестве устройства управления выступает плата *sbRIO*-9636 [2].

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования *NI LabVIEW* 13 с использованием платы *NI sbRIO*-9636 [4].

**3. Описание решения**

На рис. 2 представлена типовая принципиальная схема защиты электрокардиографических мониторов.

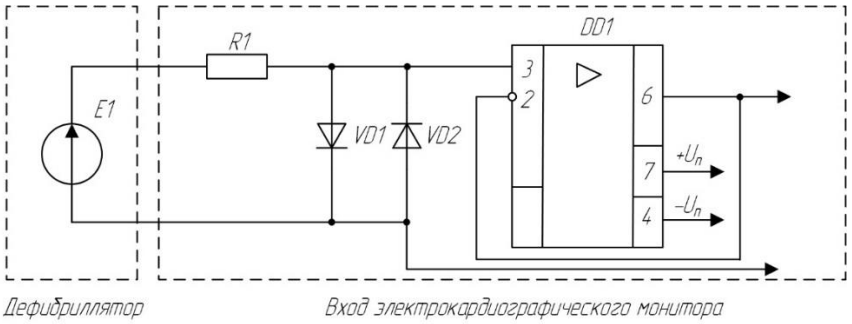



Рис. 2. Типовая схема защиты электрокардиографических мониторов

Предотвращение воздействия высоковольтных разрядов на измерительные узлы реанимационного монитора происходит путём падения потенциала положительного или

отрицательного импульса на высокоомном резисторе *R*1 и диодах *VD*1 и *VD*2. Микросхема *DD*1 работает в режиме повторителя напряжения [3].

Предлагаемое решение предусматривает подключение параллельно резистору *R*1 защитной схемы, выполненной по аналогии со схемой на микросхеме *DD*1 (рис. 3).

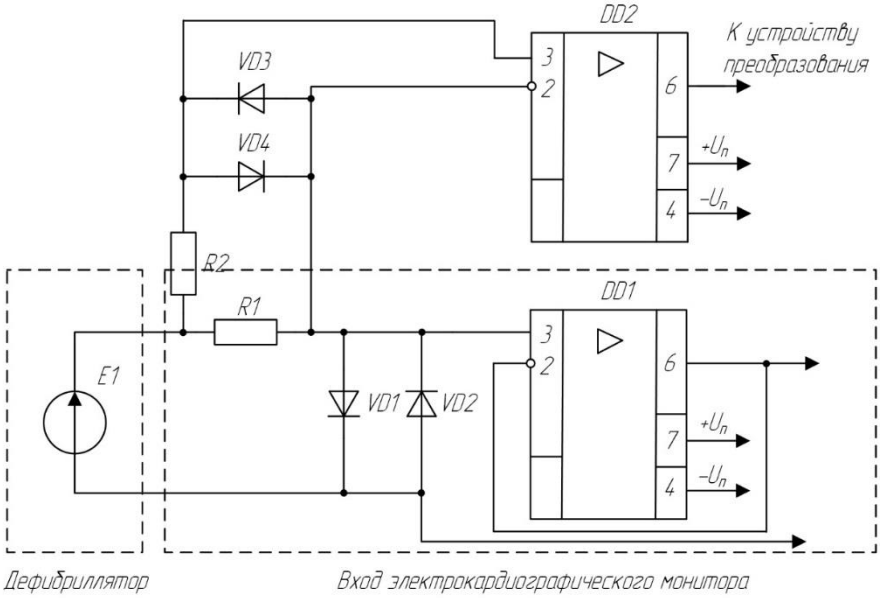



Рис. 3. Реализация схемы контроля длительности импульсов тока на резисторе *R*1

Длительность восстановления после воздействия импульсов дефибриллятора на электрокардиографический монитор вычисляется программно. Для этого фиксируется начальный *T*1 и конечный *T*2 момент времени изменения тока на резисторе *R*1. Тем самым время восстановления работоспособности будет определяться по формуле:

$$T_{восс}=T2-T1$$

**4. Внедрение и перспективы**

Результаты работы получены в рамках выполнения договора 9071ГУ2/2015.

Предлагаемая подсистема планируется к внедрению на станциях технического и периодического обслуживания медицинской техники, а также на предприятиях для испытания на устойчивость к разрядам дефибриллятора на завершающем этапе производства.

**5. Список литературы**


[1]. ГОСТ Р МЭК 60601-1-2010 «Изделия медицинские электрические. Часть 1. Общие требования безопасности с учетом основных функциональных характеристик».

[2]. В.В. Лебедев Сравнение двух схем защиты электрокардиографа от импульса дефибриллятора // Медицинская техника. – 2004. - №1.
URL: http://defibrillation.ru/download/Medicinskaya_tekhnika,2004,1,29-30.pdf

[3]. И.А.Стеценко, М.В. Ланкин, Н.И. Горбатенко и др. Автоматизированный стенд для испытаний защитных элементов медицинской аппаратуры на устойчивость к разрядам дефибриллятора // Инженерные и научные при-ложения на базе технологий *National Instruments NIDays* - 2014 : сб. тр. XIII Междунар. науч.-практ. конф., 19-20 но-яб. 2014 г., г. Москва / Рос. ун-т дружбы народов; Представительство компании "*National Instruments*" в Рос-сии, СНГ и Балтии. - М. : ДМК Пресс, 2014. - С. 154-156.

[4]. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/210421 – раздел на сайте National Instruments


**SUBSYSTEM FOR DETERMINING THE TIME OF RECOVERY ELECTROCARDIOGRAPHIC MONITORS AFTER EXPOSURE TO HIGH-VOLTAGE PULSES OF DEFIBRILLATOR.**


I. A. Stetsenko, V.I. Leukhin

*Platov South-Russia State Polytechnic University (NPI) Novocherkassk, Russia*



*The paper proposed the implementation of a subsystem for determining the time of recovery of electrocardiographic monitors, resuscitation after exposure to high-voltage pulses of a defibrillator.*



*Keywords: sbRIO, intensive care monitor, monitoring vital signs, the resistance to discharge of the defibrillator.*

# ПРИМЕНЕНИЕ LABVIEW В ОПТИМИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ БЕСПРОВОДНЫХ МОДУЛЕЙ СЕРИИ XBEE SERIAL 2

М. Л. Моргунов, К. А. Москаленко, Т. Р. Султанов, П. В. Некрасов

*АО «ЭНПО СПЭЛС» / ИЭПЭ НИЯУ «МИФИ» г. Москва*

*В статье представлен обзор технологий беспроводной передачи данных по протоколу 802.15.4, реализована программа на LabVIEW для взаимодействия с модулями XBee и беспроводного обмена данными.*

## 1. Актуальность

Современная база радиоэлектронных компонентов и конечных устройств позволяет активно применять беспроводные технологии в исследовательских и бытовых целях. Создаваемые беспроводные сенсорные сети должны обладать следующими характеристиками: самоорганизация и адаптивность к изменениям в условиях эксплуатации, малое энергопотребление, масштабируемость, низкая стоимость монтажа. Производителями уже разработаны различные беспроводные модули SoC и SiP, такие как: XBee, Raspberry Pi Zero, Black Swift, Intel Edison и др. Основное применение таких модулей: indoor-навигация, «умный дом», реализация концепции Physical Web и «Интернета вещей». Аналогично применение беспроводных сенсорных сетей (БСС) позволяет упростить проведение научных экспериментов.

## 2. Постановка задачи

За последние 17 лет разработано множество спецификаций различных уровней, удовлетворяющих требованиям БСС. Например, ZigBee, Z-Wave, Bluetooth Low Energy (Smart), Thread, LoRa — каждая из них имеет свои преимущества и недостатки.

Для поставленной задачи наиболее подходящим является создание сети по стандарту ZigBee. Эта спецификация предусматривает использование частотных каналов в диапазонах 868 МГц, 915 МГц и 2,4 ГГц. Наибольшие скорости передачи данных и наивысшая помехоустойчивость достигаются в диапазоне 2,4 ГГц. Спецификация ZigBee имеет следующие преимущества:

- использование mesh-топологии;
- низкое энергопотребление и режим «сна»;
- самоорганизация;
- использование ретрансляции позволяет создавать сети с покрытием несколько сотен квадратных метров.

Среди множества предоставляемых готовых решений на начальном этапе было решено использовать модуль XBee 802.15.4. Данный чип предоставляет широкий набор функций «из коробки», что позволяет существенно ускорить первый запуск оборудования. Стандартное ПО для работы с модулем обладает ограниченными возможностями, поэтому решено использовать пакет LabVIEW для реализации пользовательского функционала: взаимодействия с модулями XBee, отправки и приёма данных, организация mesh-сети по стандарту ZigBee.

## 3. Основные технические характеристики XBee 802.15.4

Максимальное расстояние успешной передачи пакетов до 120 м в условиях прямой видимости и до 35 м при наличии преград. Скорость обмена данными: до 250 кбит/с. Устройство работает на частоте 2,4 ГГц. Возможны как простые соединения «точка-точка», так и сети со сложной топологией типа mesh или др. Работа с XBee организована как пересылка сообщений через последовательное (serial) соединение.

Модуль работает от напряжения 2,8 - 3,4 В, потребляет 45 мА в режиме приёма, 50 мА в режиме передачи и 0,01 мА в режиме энергосбережения.

## 4. Схема подключения и связи двух модулей




Рис. 1. Схема подключения, отладки и передачи данных между двумя модулями

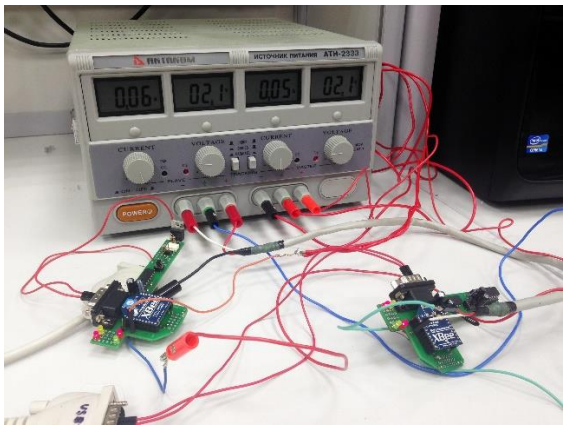


Рис. 2. Фото системы

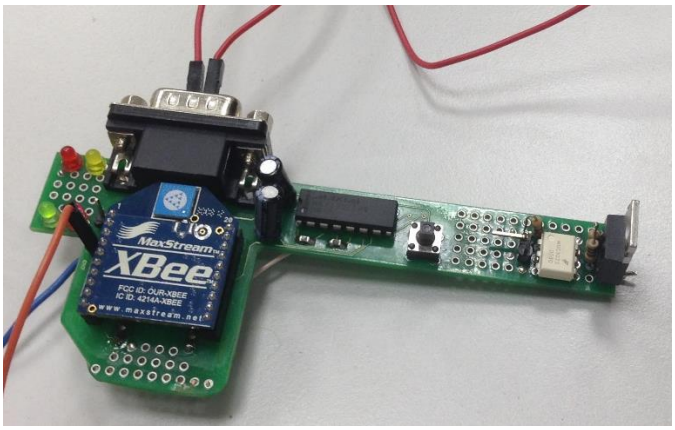



Рис. 3 Радиомодуль XBee с платой расширения

## 5. Описание программы

Созданное ПО «XBee конфигуратор» состоит из следующих блоков:

1) Первичная настройка: выбор COM-портов, физического и сетевого адресов второго модуля, идентификатора API для выбора API-фрейма.
2) Фрейм передачи AT-команд состоит из поля ввода команды в виде символов ASCII, поля ввода параметра, индикатора кодов ASCII символов AT-команды и кнопки «Отправить».
3) Передача и приём произвольных данных.
   Поле ввода данных для передачи имеет ограничение в 72 байта [3]. Приём осуществляется в автоматическом режиме с заполнением текстового поля.

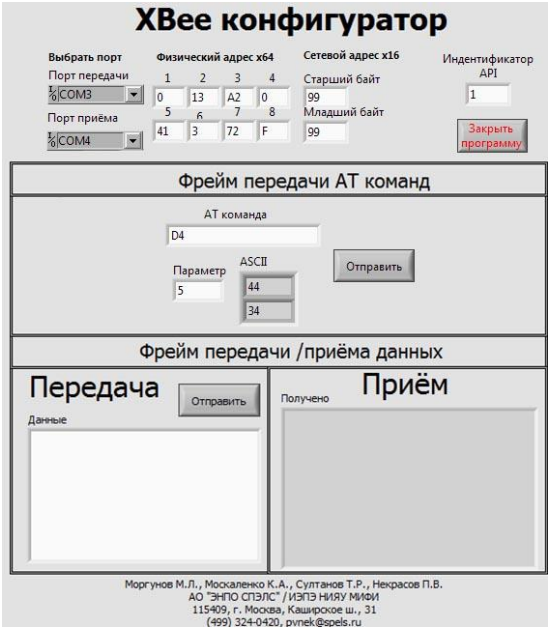



Рис. 4. Программа для работы с модулем XBee в среде LabView

Перед началом работы пользователь выбирает COM-порты для передачи и приёма информации с модулей XBee, задаёт физический и сетевой адреса маршрутизатора, на который планируется осуществлять передачу, устанавливает значение идентификатора API.

Передача АТ-команд и произвольных данных осуществляется по порту, указанному в списке «Порт передачи».

С момента запуска программы ведётся автоматический мониторинг данных с COM-порта, указанного в списке «Порт приёма».

## 6. Алгоритм работы

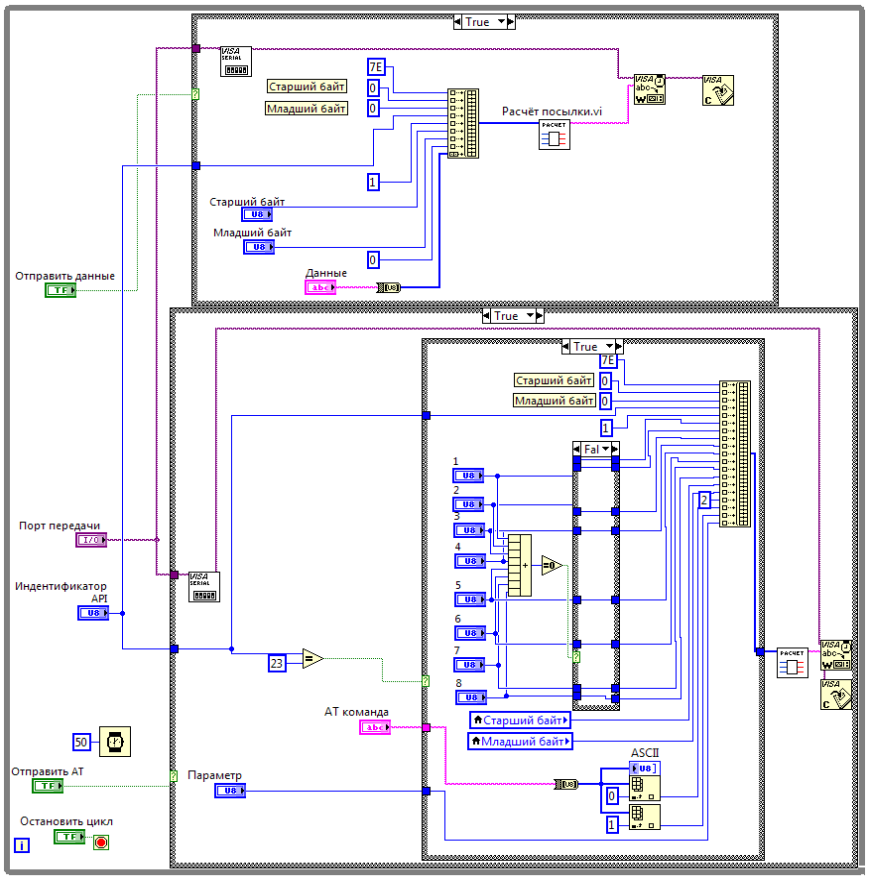



Рис. 5. Схема блока передачи

При запуске программы происходит инициализация COM-портов.

При нажатии кнопки «Отправить» происходит формирование кадра на основании введённых пользователем данных с автоматическим расчётом длины фрейма и контрольной суммы, и его передача в устройство через COM-порт. Модуль XBee расшифровывает кадр и выполняет полученные инструкции (АТ-команда, передача удалённой АТ-команды, передача произвольных данных и другие).

Программа автоматически в реальном времени производит мониторинг данных, получаемых с COM-порта, их фильтрацию и отображение пользовательской информации.

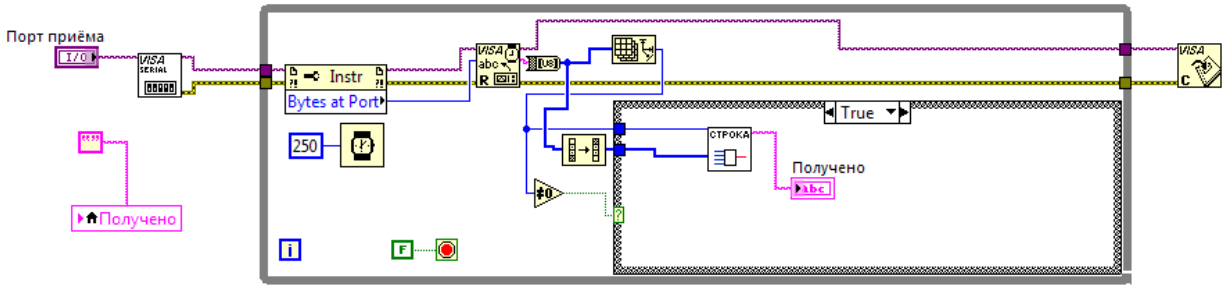



Рис. 6.Схема блока приёма

## 7. Заключение

В процессе проделанной работы изучены модули XBee, их основные команды управления и протоколы передачи данных. В среде LabView создана универсальная программа для передачи произвольных АТ-команд и данных, разработан блок постоянного приёма данных, блок создания и редактирования наборов команд.

Следующим этапом будет реализация автоматической комплексной отправки управляющих команд и данных, мониторинг эфира на наличие поддерживаемых устройств, автоматическое установление соединения и поддержка создания сети по протоколу ZigBee.

Перечисленные функции актуальны для робототехники. Малое энергопотребление и надежность сети ZigBee позволяют реализовывать самоорганизующийся комплекс из нескольких роботизированных устройств, например, квадрокоптеры. Оператор может управлять группой дронов, взаимодействуя только с одним – ведущим. Работа частично выполнена в рамках государственного задания 8.826.2014/К Минобрнауки России.

## 8. Список литературы

[1]. Цирульников, Вадим. Навигация в помещениях с iBeacon и ИНС. [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2014. – Режим доступа: https://habrahabr.ru/post/245325/

[2]. Лекнин, Вольдерман. Сети ZigBee. Зачем и почему? [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Москва: [б.и.], 2014. – Режим доступа: https://habrahabr.ru/post/155037/

[3]. Product Manual v1.xEx - 802.15.4 Protocol For RF Module [Электронный ресурс] – Электрон. текстовые дан. – Minnetonka: [б.и.], 2009. – Режим доступа: https://www.sparkfun.com/datasheets/Wireless/Zigbee/XBee-Datasheet.pdf

[4]. Михеев П.М., Крылова С.И., Лукьянченко В.А., Урюпина Д.С. LabView Основы I [Учебное курс] – Москва: 2007 – 365 с.

## Application of LabVIEW for optimization of scientific experiments with a wireless modules XBee serial 2

M.L. Morgunov, K.A. Moskalenko, T.R. Sultanov, P.V. Nekrasov

*АО «ENPO SPELS» / IEPE NRNU «MEPhI» Moscow*

# ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРОВ NI CRIO ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В БЛОКАХ ПРЯМОГО НАГРЕВА ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ РЕАГЕНТОВ

Р.А. Панасенко, А.П. Филин, Н.А. Данилов

*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва*

*В статье рассматриваются задачи автоматизации технологического процесса в блоках прямого нагрева жидких и твердых реагентов с применением контроллеров cRIO фирмы National Instruments. Приведено соответствие критериям технических требований, описание хода решения задачи, предварительные результаты испытаний.*

*Ключевые слова: прямой нагрев, автоматизация, контроль, измерения, управление, NI cRIO, LabVIEW, АСУТП*

## 1. Постановка задачи

Для реализации задач измерения и контроля температуры в проводимых исследованиях важно придерживаться принципа унификации. С этой целью было решено применить не специализированные контрольно-измерительные системы, которые работают с одним типом датчиков, а предусмотреть возможность применения такой конфигурации системы, при которой было бы возможным подключение нескольких типов датчиков температуры.

Для этих целей необходимо предусмотреть разные варианты подключаемых датчиков: аналоговый или дискретный. Кроме того, важно учесть, что современные датчики могут иметь встроенные микроконтроллеры и преобразователи интерфейсов, – так называемые интегрированные датчики [1].

Для конфигурирования системы, как было описано выше, предлагается применить подход, основанный на применении унифицированной модульной платформы, что позволит рационально использовать средства, выделенные на приобретение оборудования. Кроме того, использование такого подхода позволит провести экспериментальные исследования по применению различных типов датчиков и управляющих блоков с целью отладки процесса сбора данных и апробации методик измерений. Это позволит, в случае неприменимости одного типа первичных преобразователей в результате испытаний, применить другой тип, тем самым обеспечив гарантированное выполнение основной цели прикладных научных исследований – создание экспериментальных образцов контрольно-измерительных и управляющих блоков для технологического оборудования (блоков прямого нагрева твердых и жидких реагентов), используемого в процессе получения гидроксида бериллия.

Такие образом, имеет смысл рассматривать универсальные контрольно-измерительные системы, либо «наборные» (или модульные) системы, которые можно сконфигурировать, в том числе, в универсальном виде. Достоинством такого решения является универсальность, а также возможность предусмотреть и управляющие модули, таким образом, реализовав на единой платформе функции контроля, измерения и управления [2].

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

В качестве наиболее подходящей по техническим параметрам оказалась платформа NI cRIO-9064, получение данных с данной платформы предполагается осуществлять с помощью программного обеспечения NI LabVIEW 2016 с модулем NI LabVIEW Real Time.

## 3. Описание решения

В аналитическом обзоре по выбору платформы ПЛК были рассмотрены несколько вариантов от разных производителей. Однако наиболее подходящими стали ПЛК от Siemens и National Instruments. При всех прочих равных технических характеристиках ПЛК от NI по фактору стоимости были наиболее оптимальны.

Кроме того, отдельно следует отметить, что решения NI обладают рядом преимуществ:

– Реализация контроллера и модулей ввода-вывода в едином корпусе с высокой степенью защиты;

– Графическая среда программирования с возможностью подключения внешних функций и библиотек;

– Среда программирования позволяет построить систему по модульному принципу и полностью сконфигурировать на низком и высоком уровне отдельные модули;

– Наличие всех промышленных интерфейсов, необходимых для подключения приборов и датчиков;

– Низкая стоимость всей системы относительно конкурентов.

Однако есть и недостаток: в данной конфигурации система больше подходит для работы с экспериментальной установкой, чем с промышленным производством.

Наиболее оптимальным вариантом является ПЛК NI CompactRIO-9065 и ПЛК NI CompactRIO-9067 производства компании National Instruments, как наиболее высокопроизводительные системы (по фактору частоты ЦП и объему оперативной памяти). Однако NI CompactRIO-9065 имеет 4 слота расширения против 8 слотов у NI CompactRIO-9067. По фактору стоимости же эти два варианта эквивалентны. Поэтому наиболее логичным будет выбор ПЛК NI CompactRIO-9067.

Таким образом, оптимальный вариант состава контрольно-измерительных и управляющих блоков будет таким:

– ПЛК NI CompactRIO-9067, шасси на 8 слотов расширения;
– модуль для сбора данных цифровых сигналов NI 9426;
– модуль управления цифровой NI 9477;
– модуль сбора данных с термопар различных типов NI 9213;
– модуль сбора данных с аналоговых сигналов NI 9265.

На рисунке 1 показана структурная схема АСУ ТП блока прямого нагрева жидких реагентов.

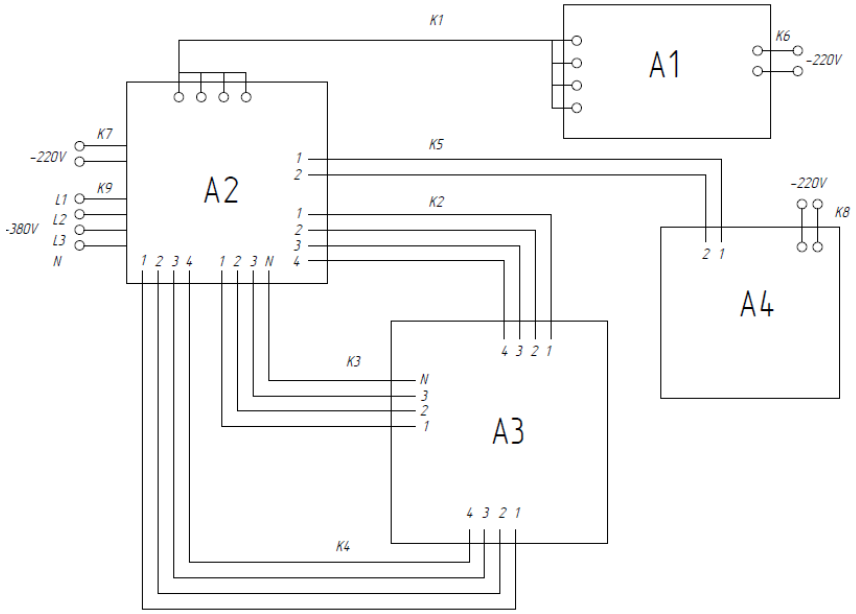



Рис. 1 Структурная схема АСУ ТП блока прямого нагрева жидких реагентов.

В качестве программной платформы рационально будет использовать пакет NI Developer Suite Core, включающий в себя LabVIEW, и модули NI DAQmx, NI VISA, а также полный набор модулей для создания автоматизированных промышленных систем.

Система контроля параметров процесса прямого нагрева твердых и жидких реагентов построена на основе ПИД-терморегулятора ОВЕН ТРМ210 [3]. С его помощью производится контроль следующих параметров процесса прямого нагрева твердых и жидких реагентов: температура реагентов на входе в блок (дублированный датчик); температура реагентов на выходе из блока (дублированный датчик); управление шинами прямого нагрева твердых и жидких реагентов.

На рисунке 2 показана структурная схема АСУ ТП блока прямого нагрева твердых реагентов.

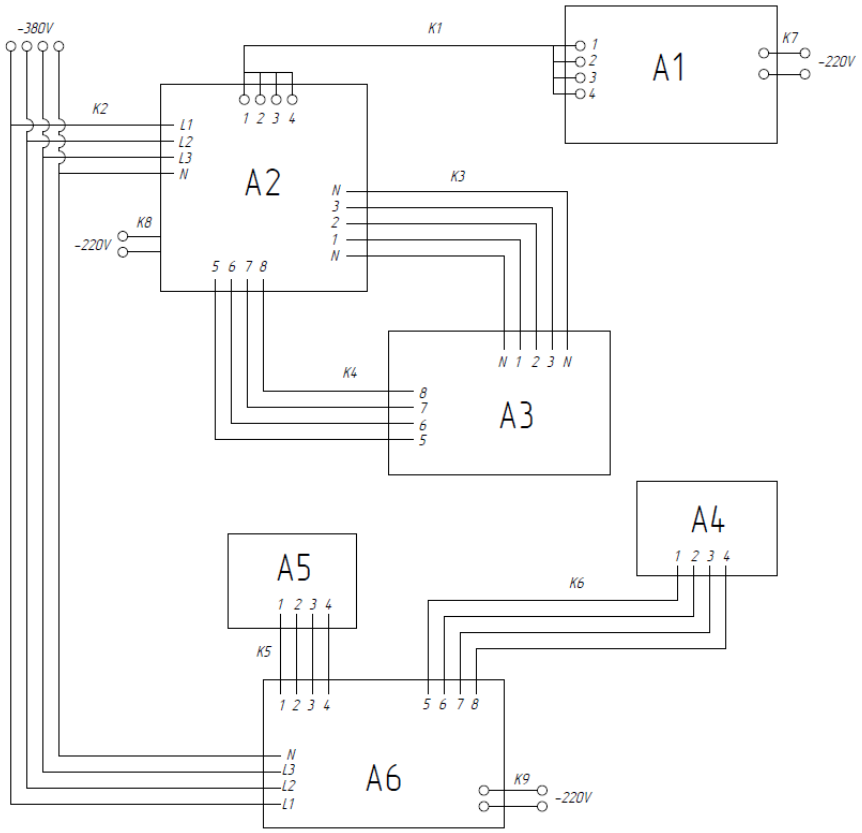



Рис. 2 Структурная схема АСУ ТП блока прямого нагрева твердых реагентов.

В ходе решения задачи также были разработаны алгоритмы управления и проведена оптимизация системы контроля параметров процесса прямого нагрева твердых и жидких реагентов в рамках технологического процесса (ТП-2) получении гидроксида бериллия.

Программное обеспечение, устанавливаемое на персональный компьютер АРМ оператора, обеспечивает сбор, обработку и хранение данных, получаемых с контрольно-измерительных блоков, а также обеспечивает формирование управляющих сигналов для управляющих блоков.

Визуализация данных о значениях технологических параметров (температуры реагентов, мощности и энергии нагрева, скорости нагрева и др.) внутри блоков прямого нагрева твердых и жидких реагентов производится на АРМ оператора.

АРМ оператора реализует функции человеко-машинного интерфейса для контроля и управления блоками прямого нагрева твердых и жидких реагентов.

Предусмотрено хранение первичных и обработанных данных, включая резервное (дублированное) хранилище для данных, полученных при возможных авариях и сбоях в технологическом процессе.

**4. Внедрение и его перспективы**

В настоящий момент ведутся работы по наладке и настройке АСУ ТП, готовятся программы и методики испытаний. После проведения испытаний экспериментальный образец будет передан индустриальному партнеру.

Работы выполнены при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации, Соглашение № 14.578.21.0101, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57815X0101.

**5. Список литературы**

[1]. Дорф, Р. Современные системы управления/ Р. Дорф, Р. Бишоп. – М. : Лаборатория базовых знаний; Юнимедиастайл, 2004, 2002. – 832 с.

[2]. Комплексный подход к автоматизации электрохимического производства. Казаков В.А., Виноградов О.С., Виноградова Н.А. Экономика и управление. 2015. № 1 (111). С. 60-66.

[3]. R.A. Panasenko, I.A. Tutnov, V.B. Malygin, V.A. Berlyand, Specialized Temperature Measuring Systems in High Precision Devices. ICCICCT-2015 Conference Proceedings – Kumaracoil, India, IEEE, 2015, ISBN: 978-1-4673-9825-1/15.

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕЧЬЮ ОБЖИГА КИРПИЧА-СЫРЦА

Т.А.Изосимова, М.В.Максимова

*Волжский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», Чувашская Республика, г.Чебоксары*

*В статье представлена разработка программного обеспечения для автоматизированной системы управления печью обжига кирпича-сырца.*

*Ключевые слова: печь обжига, автоматизированная система управления.*

**1. Постановка задачи**

В современных условиях производство строительных материалов является одним из важнейших направлений нашей отечественной промышленности. Это объясняется ежегодно повышающимися темпами строительства и дефицитом высококачественных стройматериалов.

В решении этой проблемы важное место принадлежит производству кирпича-сырца, применение которого в строительстве уменьшает расход металла и дерева, обеспечивает высокую огнестойкость и долговечность зданий и сооружений, снижает стоимость и повышает технический уровень строительного производства. Одним из факторов влияния на качество строительного материала является соблюдение точного температурного режима при обжиге кирпича – сырца.

В связи с этим актуальным представляется автоматизация технологического процесса обжига кирпича-сырца, позволяющая обеспечить максимальное сокращение операций, выполняемых человеком, и точное соблюдение температурного режима. Разработка автоматизированной системы управления печью обжига и создание программно-аппаратного комплекса позволит реализовать весь технологический процесс без непосредственного участия человека. Данная система автоматизации способна непрерывно контролировать технологические параметры процесса обжига и определять оптимальный режим протекания технологических процессов.

Для реализации предложенной системы автоматизации управления печью обжига разработаны структурная и функциональная схемы автоматизации печи обжига кирпича-сырца. В данной статье мы осветим вопросы создания программного обеспечения для управления туннельной печью обжига с помощью инструментальной среды LabVIEW.

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

Операторский уровень представляет собой автоматизированное рабочее место (АРМ) с прикладным программным обеспечением, выполненным в среде программирования N ILabVIEW с модулем NI LabVIEW Real Time.

**3. Описание решения**

На рисунке 1 представлена главная экранная форма графического интерфейса АРМ оператора (мнемосхема работы АРМ оператора).На экране мнемосхемы отображаются:

– температурные значения с 15 датчиков ОВЕН ДТПК 125 -EX2 в зонах подготовки (от 157 до 611), обжига (от 611 до 1000) и охлаждения (от 1000 до 400);

– работа вентиляционной системы включения/выключения вентиляторов (прозрачный - двигатель остановлен, зеленый - двигатель запущен) и подача воздуха;

– работа туннельной печи с системой подачи газа на горелки, расположенные в 8 секциях;

– система открытия/закрытия трех дверей туннельной печи;

– график протекания температурного режима полного цикла обжига.

Сигналы с измерительной системы (от датчиков тока, давления, положения заслонки воздуха) поступают в реальном времени и масштабе с частотой не менее двух раз в секунду, это позволяет отображать соответствующее значение измеряемых величин в конкретный момент времени.

На рисунке 2 представлена блок-схема ПО АРМ оператора, включающая в себя: 1– модуль подключения измерительной системы (датчиков давления (ДД1-даление в газовой магистрали, ДД2 – давление подачи воздуха, ДД3-ДД6 давление в туннельной печи), датчиков температуры в 15 секциях (Т1-Т15); датчик положения заслонки воздуха (ДВ1-ДВ2)); 2– модуль управления данными в трех зонах работы туннельной печи(подготовки, обжига и охлаждения); 3 – модуль управления исполнительными механизмами (электропневматические клапаны ЭПК1-ЭПК24, электроприводы для управления дверями туннельной печи ЭЛ1-ЭЛ3, система вентиляции В1-В6).

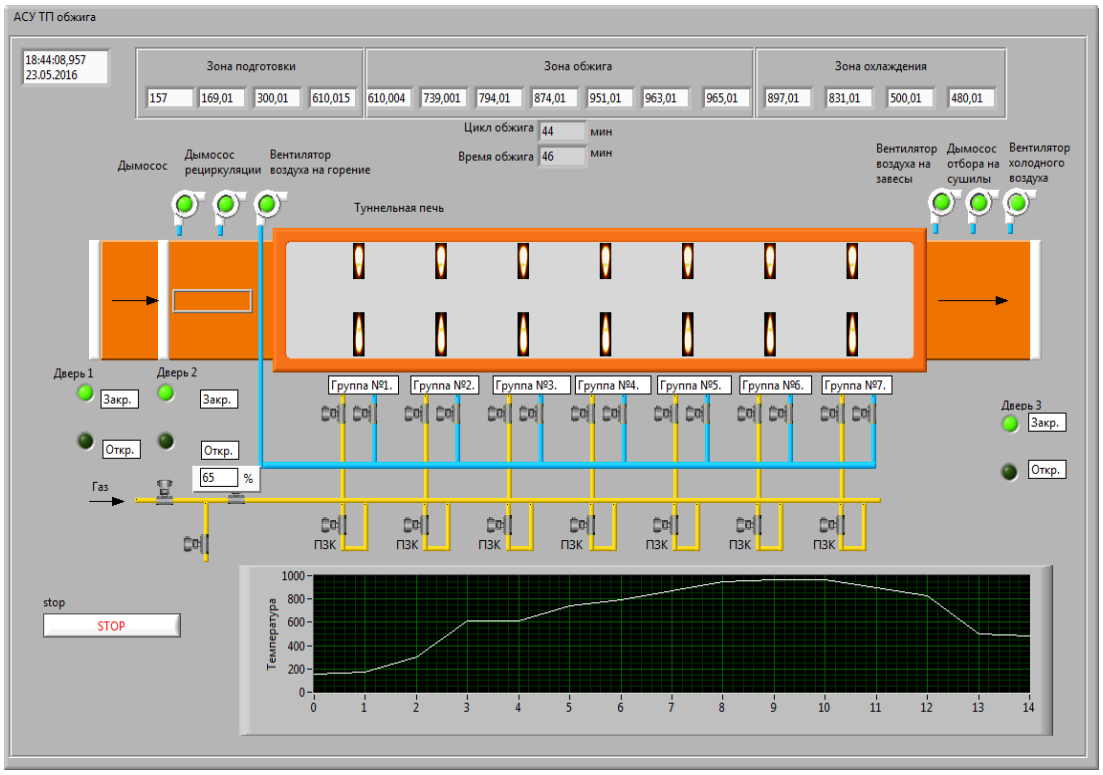



Рис. 1. Графический интерфейс ПО АРМ оператора

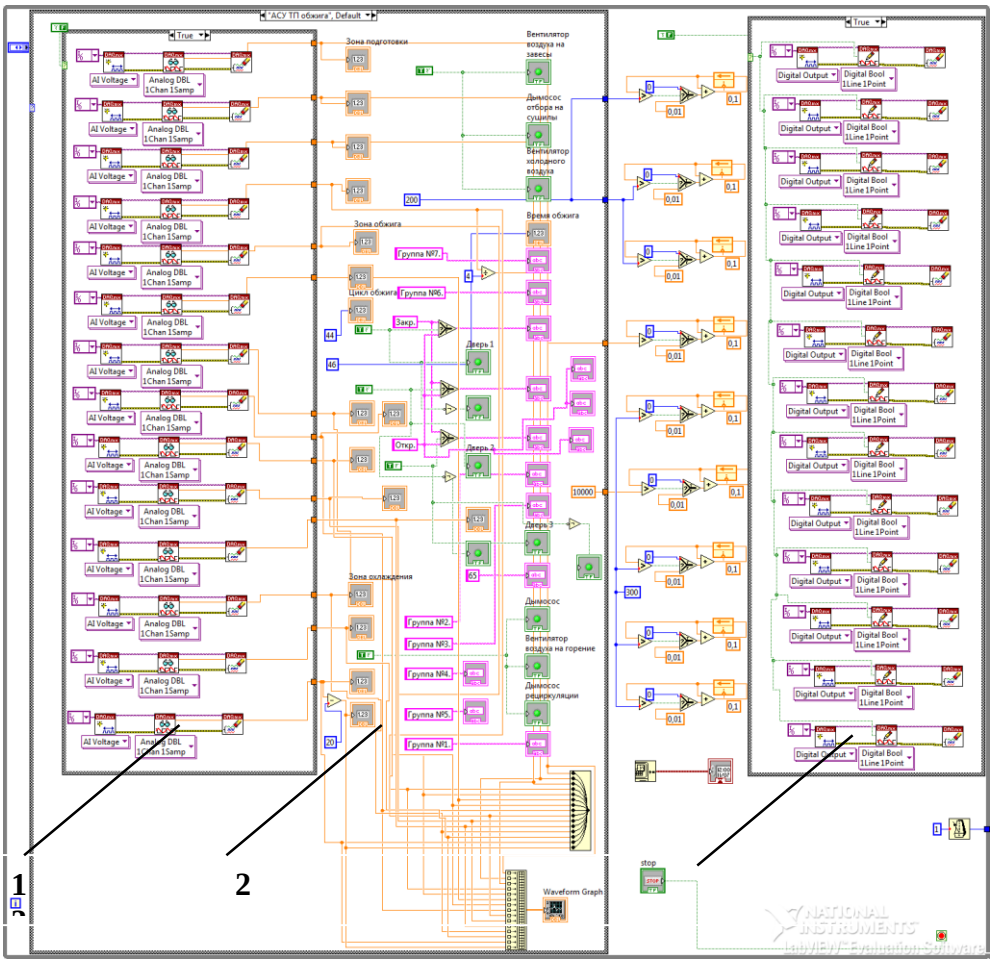



Рис.2. Блок-схема ПО АРМ оператора

Данные с входных блоков поступают в блоки управления входными данными, где выполняется вычисление входных параметров с датчиков, управление оборудованием в зависимости от входных данных и вывод данных на автоматизированное рабочее место оператора. Управляющие сигналы с блоков управления входными данными, передаются на исполняющие механизмы (электропневматические клапаны ЭПК1-ЭПК24, электроприводы для управления дверями туннельной печи ЭЛ1-ЭЛ3, система вентиляции В1-В6). Передача данных на исполняющие механизмы осуществляется с помощью виртуального блока DAQmxWrite VI. Этот блок осуществляет запись данных в заданный канал управления. Конфигуратор определяет последовательность записи данных в канал и выборку самих каналов.

**4. Внедрение и его перспективы**

Внедрение разработанного ПО АРМ оператора для АСУ туннельной печи обжига позволит обеспечить визуализацию технологического процесса, автоматический контроль температурных режимов во всех зонах печи, формирование и выдачу сигналов световой и звуковой сигнализаций, автоматическое управление работой электропневматических клапанов газовой магистрали и магистрали подачи воздуха.

**5. Список литературы**

[1]. Евдокимов Ю.К. LabVIEW в научных исследованиях / Ю.К.Евдокимов, В.Р. Линдваль, Г.И. Щербаков. -М.: ДМК Пресс, 2012. - 400 с.

[2]. Кехтарнаваз, Н. Цифровая обработка сигналов на системном уровне с использованием LabVIEW. / Н.Кехтарнаваз, Н. Ким / пер. с англ. – М. : Издательский дом «Додэка-XXI», 2007. – 304 с.

**SOFTWARE FOR THE AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF RAW BRICK BURNING**

**T.A. Izosimova, M.V. Maximova**

Volzhsky branch of FSBEO "MOSCOW AUTOMOBILE AND ROAD CONSTRUCTION STATE TECHNICAL UNIVERSITY (MADI)",
Cheboksary, Chuvash Republic, Russia

*The article presents the development of software for the automated burning furnace control system.*

*Keywords: kiln, automated control system.*

# РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА

Д. А. Полещенко, А. И. Гольев

*СТИ НИТУ «МИСиС», Белгородская обл., Старый Оскол*

*В статье рассматривается процесс создания автоматизированной системы диагностики электропривода на основе анализа сигнала вибрации при моделировании различных состояний неисправности. Исследование проводится с использованием программного обеспечения фирмы National Instruments. Описана схема преобразования сигнала в среде LabVIEW 2013.*

*Ключевые слова: National Instruments, вибродиагностика, спектральный анализ, электропривод.*

## 1. Постановка задачи

Диагностику электропривода осуществляют с помощью различных методов, описанных в [1]. В рамках исследования принято решение о создании системы предупреждения неисправностей на ранних стадиях развития причин, к ним приводящим. Система основана на диагностике привода посредством анализа сигнала вибрации, снятого с объекта. Основные виды анализа вибрации описаны в [2].

Работа посвящена созданию системы диагностики электроприводов на примере прокатного цеха. В актуальности данной проблемы усомниться сложно, поскольку выход из строя любого из электроприводов приводит к внеплановым временным и материальным затратам, связанным с его ремонтом или заменой.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2013. Использовано следующее оборудование фирмы National Instruments: АЦП NI 9234, шасси NI DAQ 9191.

## 3. Описание решения

Для моделирования работы приводов прокатного цеха разработан лабораторный стенд, включающий в себя два электропривода мощностью 2,2 кВт. Оба двигателя установлены на станине и соединены полумуфтами через резиновую прослойку. Один двигатель моделирует приводной, второй – исполнительный механизм. Приводной двигатель закреплён на станине жёстко, положение исполнительного механизма изменяется в зависимости от моделируемого состояния, которые описаны в [3].

С лабораторного стенда в рамках исследования определённого моделируемого состояния снимается сигнал вибрации посредством датчика АР 2037. Сигнал снимается с лабораторного стенда в течение 5 минут для каждого моделируемого состояния, что даёт репрезентативную выборку данных. Затем сигнал поступает на аналогово-цифровой преобразователь и далее на ЭВМ. Структура системы изображена на рис. 1.

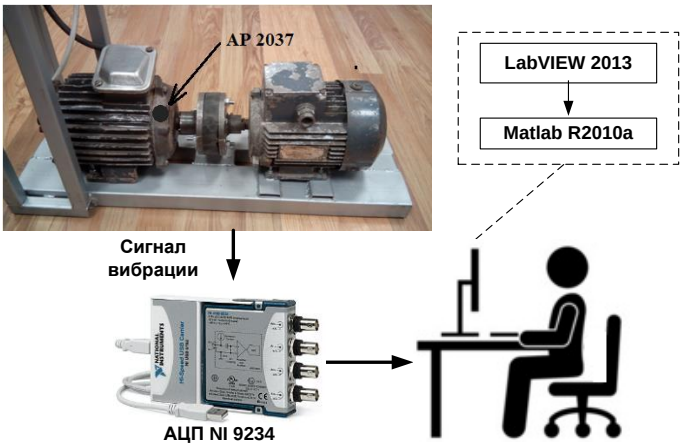



Рис.1. Структура системы диагностики электропривода

На ЭВМ данный сигнал обрабатывается в среде NI LabVIEW 2013, программа изображена на рис.2.

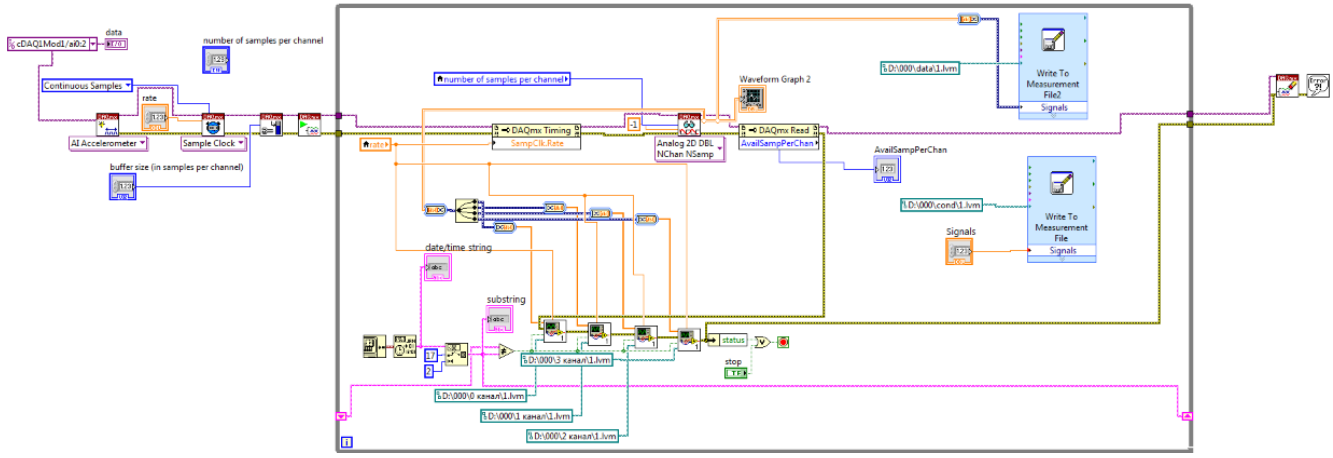



Рис. 2. Схема съёма и преобразования сигнала вибрации

Затем сигнал, обработанный в среде NI LabVIEW 2013, преобразуется для чтения в среде Matlab R2010a, где раскладывается в спектр. На рис. 3 и 4 представлены спектры эталонного состояния (модель исправного состояния), и одного из смоделированных состояний неисправности.

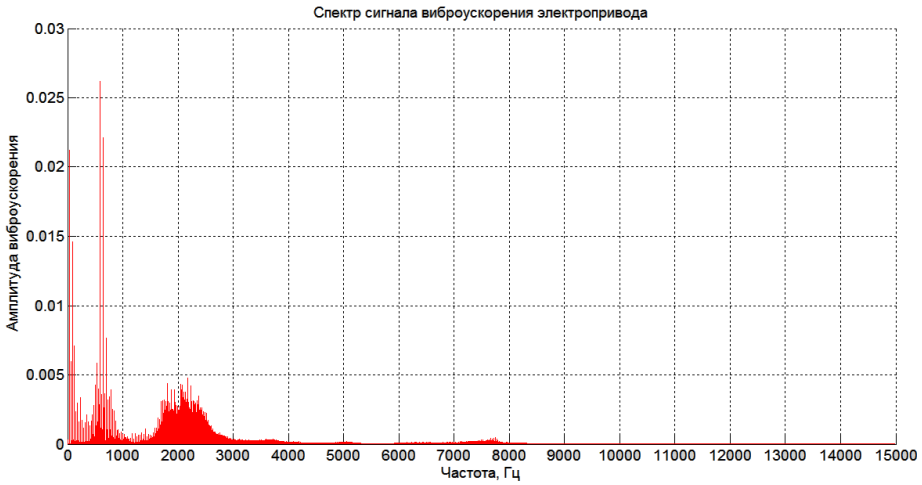



Рис. 3. Спектр сигнала вибрации эталонного состояния

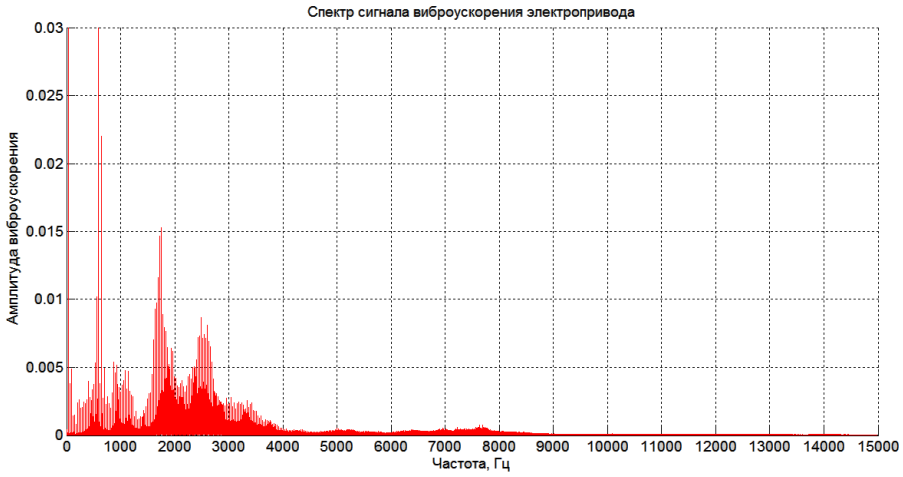



Рис. 4. Спектр сигнала вибрации моделируемого неисправного состояния

Интересным полем исследования представляется область частот 2000-3000 Гц. В окрестности частоты 2500 Гц наблюдается изменение амплитуды сигнала при различных моделируемых состояниях. Делается предположение, что на данной частоте видна зависимость амплитуды сигнала

вибрации от состояния электропривода. Дальнейшее исследование связано с поиском метода анализа спектров с целью создания на его основе системы диагностики. На данном этапе перспективным представляется использование аппарата нейронных сетей, в частности внимание привлекает архитектура конкурентной сети.

**4. Список литературы**


[1]. Полещенко Д. А., Гольев А. И. Снижение ремонтных издержек приводов металлургических агрегатов посредством вибродиагностики // Сборник научных трудов международной научно-практической конференции «Современная металлургия нового тысячелетия». – Ч.2. – 2015. – С.191-195.

[2]. Киселёв Ю. В. Вибрационная диагностика систем и конструкций авиационной техники. - Самара. – 2010. – С. 23-29.

[3]. Полещенко Д.А., Гольев А.И. Разработка системы диагностики электропривода оборудования прокатного цеха посредством спектрального анализа с применением нейронных сетей // Сборник научных трудов XIII всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство». – Т.1. – 2016. – С. 234-236.


**DEVELOPMENT OF THE AUTOMATIZED SYSTEM FOR DIAGNOSTICS OF ELECTRIC DRIVER**


D.A. Poleshenko, A.I. Golyev

Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov National Research Technological University "MISiS", Stary Oskol, Russia



*In article process of creation of automated system of diagnostics of the electric drive on the basis of the analysis of a signal of vibration in case of simulation of different statuses of failure is considered. The research is conducted with use of the software of National Instruments. The scheme of transformation of a signal in the environment of LabVIEW 2013 is described.*



*Keywords: National Instruments, vibration-based diagnostics, spectrum analysis, electric driver.*

# РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ МОДЕЛИ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ

В.И. Дубров, Р.Г. Оганян, Н.Д. Наракидзе, Г.К. Алексанян

*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Ростовская обл., г. Новочеркасск*

*В статье рассматривается процесс создания математического обеспечения информационной системы мониторинга цифровых подстанций на основе применения технологий National Instruments. В основу математического обеспечения положено построение логико-числовых полиномов. Для реализации данного подхода необходимо построение дерева неисправностей, которое отражает возможные неисправности рассматриваемой системы. Решение логико-числового полинома позволяет сделать заключение о текущем состоянии системы, о наличии характерных неисправностей или развивающихся дефектов. Приведен алгоритм построения логико-числового полинома.*

*Ключевые слова: мониторинг состояния, информационная система мониторинга, цифровая подстанция, LabView.*

## 1. Постановка задачи

Цифровая подстанция является инновационным, технологичным уровнем автоматизации электрических подстанций. Надежная работа цифровых подстанций обеспечивает бесперебойное питание потребителей. Работа подстанции заключается в приеме, преобразовании и распределении электроэнергии. В результате превышения допустимых значений контролируемых параметров происходит нарушение работы подстанции или износ оборудования. Развитие отрицательных явлений или пропуск опасного состояния тем интенсивнее, чем меньше время реакции информационной системы мониторинга (ИСМ). Программное обеспечение ИСМ строится на основе математического обеспечения. Математическое обеспечение позволяет проводить анализ состояния системы. Учитывая тенденции к усложнению технических систем, и требования к снижению вероятности отказов технических систем необходимо совершенствовать ИСМ в части, касающейся уменьшения времени реакции. В связи с этим, важной задачей является уменьшение времени реакции системы на кратковременные изменения контролируемых параметров за счет совершенствования математического обеспечения. Перспективным способом мониторинга технического состояния цифровой подстанции является применение логико-числовых моделей [1].

Работа посвящена применению логико-числовых моделей, ориентированных на уменьшение времени реакции ИСМ при кратковременных изменениях режима работы цифровой подстанции с использованием технологий *National Instruments.*

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 13. Для реализации экспериментальных исследований была использована платформа NI PXIe – 1078.

## 3. Описание решения

Изучение вопроса диагностики цифровой подстанции является весьма важным и актуальным вопросом, с которым связано множество исследований [2-5].

Для построения логико-числовой модели необходимо построить дерево неисправностей, которое позволяет отследить связь между инициирующими событиями и возможными отказами.

Дерево неисправностей цифровой подстанции представлено на рис. 1.

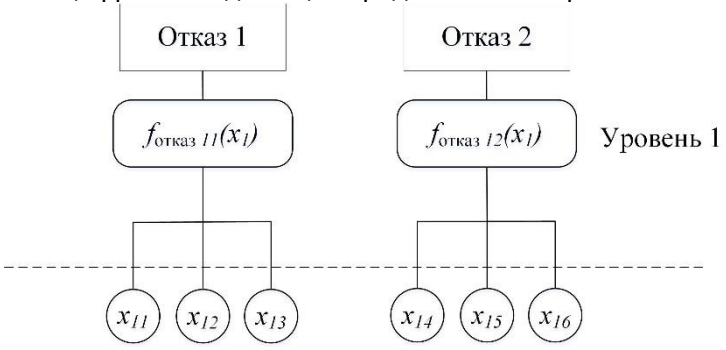



Рис. 1. Дерево неисправностей

Для описания сути подхода использовано 6 инициирующих событий ($x_{11}…x_{16}$), и два узла на первом уровне, олицетворяющих два вида отказа.

Инициирующие события связаны между собой следующей системой уравнений:

$$\text{Уровень 1: } \begin{cases} f_{\text{отказ } 11}(x_1) = x_{11} \vee x_{12} \vee x_{13}, \\ f_{\text{отказ } 12}(x_1) = x_{14} \vee x_{15} \vee x_{16}; \end{cases}$$

где $f_{\text{отказ } ij}(x_i)$ – булева функция отказа узла под номером *j*, расположенного на *i*-ом уровне дерева неисправностей;

$x_{11}…x_{16}$ – булевы переменные, описывающие наличие инициирующих событий (значение «0» булевой переменной соответствует отсутствию инициирующего события, а значения «1» соответствует наличию события), символом ∨ обозначена операция логического сложения;

$$x_1 = [x_{11}\ x_{12}\ x_{13}\ x_{14}\ x_{15}\ x_{16}].$$

После задания связи между инициирующими событиями, следующим шагом является преобразование логических операций в арифметические выражения с использованием следующего преобразования:

$$x_1 \vee x_2 = x_1 + x_2 - x_1x_2.$$

Затем необходимо умножить каждое уравнение системы на соответствующие им веса: $2^0$, $2^1$, $2^2$, …, $2^{s-1}$ (*s* – количество булевых функций), после чего уравнения в системе суммируются и результатом является логико-числовой полином:

$$D_1(x_1) = x_{11} + x_{12} - x_{11}x_{12} + x_{13} - x_{11}x_{13} - x_{12}x_{13} + x_{11}x_{12}x_{13} + 2(x_{14} + x_{15} - x_{14}x_{15} + x_{16} - x_{14}x_{16} - x_{15}x_{16} + x_{14}x_{15}x_{16}).$$

Данный подход позволяет ускорить работу информационной системы мониторинга, благодаря объединению контролируемых параметров в один полином.

В процессе работы подстанции, диспетчер получает данные о параметрах режима и наблюдает их изменение с течением времени. За появление инициирующих событий примем выход значений контролируемых параметров за допустимые пределы, соответственно, если значения контролируемого параметра превышают допустимые значения, то это отобразится на лицевой панели программы. На основе этих данных, осуществляется расчет логико-числового полинома. Результат расчета соответствует числу в двоичной форме, который отобразится на лицевой панели программы. Фрагмент внешнего вида программы представлен на рис. 2.

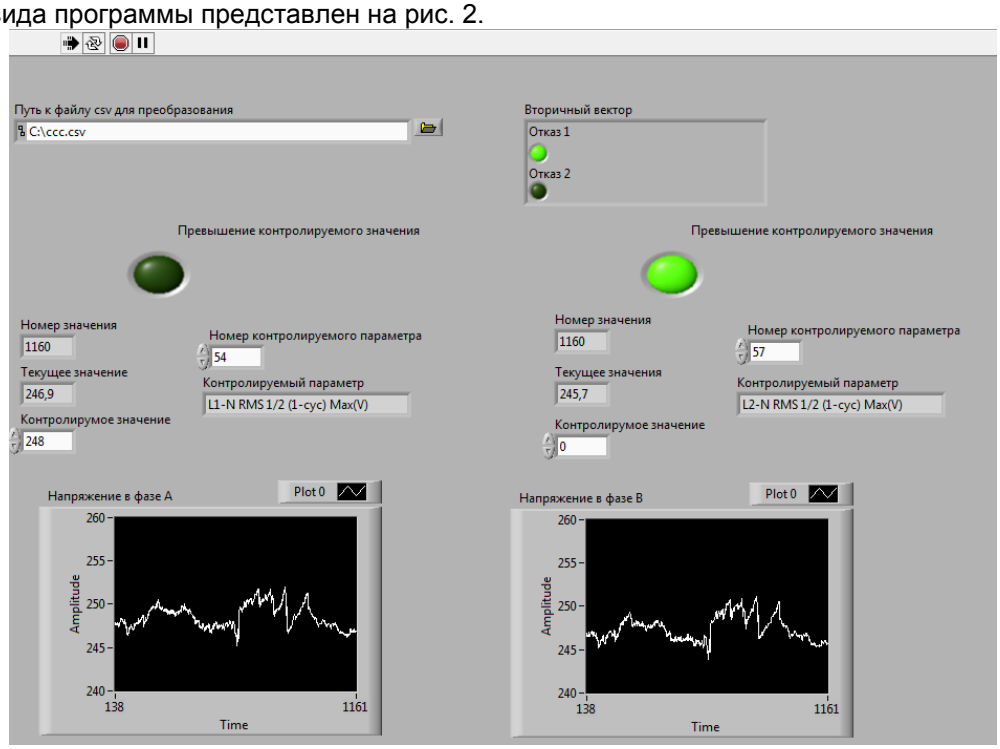



Рис. 2. Фрагмент внешнего вида программы

Для простоты рассматриваются значения напряжения и тока во всех фазах. Однако можно контролировать не только превышение значения, но также и отношение системных параметров, которые позволяют выявить развивающиеся дефекты.

Таким образом, разработанное программное обеспечение с использованием логико-числовых моделей, на основе технологий *National Instruments,* позволяет выбирать контролируемый параметр во время работы программы, выбирать контролируемое значение, а также дает возможность оценивать

изменение контролируемых параметров с течением времени. Результаты анализа контролируемых параметров, являются исходными данными для логико-числовых моделей, которые позволяют определить возникновение характерных дефектов или их развитие.

**4. Применение результатов**

Разработанная система внедряется в качестве учебного комплекса на электроподстанции ЮРГПУ(НПИ). Результаты работы получены в рамках выполнения гранта РФФИ «мол_а_дк» №16-38-60175 «Разработка и исследование математических моделей, методов и алгоритмов решения обратных задач диагностики сложных технических систем на примере цифровых подстанций».

**5. Список литературы**

[1]. Шарай В.А. Мониторинг состояния надежности и безопасности структурно-сложных систем на основе логико-числовых моделей / В.А. Шарай, О.С. Бурангулова, М.В. Андриуца // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011, №12. С. 35 - 49.

[2]. Рыбаков С.Н. Пилотный проект “Цифровая подстанция” / С.Н. Рыбаков, В.И. Ухов, С.Р. Слабоспицский, И.О. Ковцова // Релейщик. – 2014. – №1. – С. 32-39.

[3]. Дроздова Т.В. “Цифровая подстанция”: практический опыт. Первое в России внедрение технологии на действующем объекте генерации / Т.В. Дроздова, Н.Е. Елов, А.П. Морозов // Энергия единой сети. – 2016. - №3. – С. 54-61.

[4]. Дубров В.И. Методы и подходы определения технического состояния цифровых электроподстанций / В.И. Дубров, Р.Г. Оганян, Д.В. Шайхутдинов, Е.В. Кириевский, Т.Н. Круглова, Н.Д. Наракидзе // Фундаментальные исследования. – 2016. – №9. – С. 16-20.

[5]. Дубров В.И. Разработка математических моделей цифровых подстанций на базе анализа автоматизированных технологических систем преобразования электроэнергии / В.И. Дубров, Р.Г. Оганян, Д.В. Шайхутдинов, Е.В. Кириевский, Н.И. Горбатенко, Н.Д. Наракидзе // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – №9. – С. 36-40.

## DEVELOPMENT OF INFORMATION SYSTEM FOR DIGITAL SUBSTATION HARDWARE-SOFTWARE MODEL

V.I. Dubrov, R. G. Oganyan, N. D. Narakidze, G. K. Aleksanyan

*Platov South-Russia State Polytechnic University (NPI) Novocherkassk, Russia*

*The article discusses the process of creating software the system for informational digital substation monitoring system based on National Instruments technology. Creation of logical-numerical polynoms is the basis for software. Realization of this approach requires creation of a tree of malfunctions which reflects possible malfunctions of the considered system. The solution of a logical-numerical polynom allows to conclude the current state of system, about existence of the reference malfunctions or the developing defects. The algorithm creation of a logical-numerical polynom is given.*

*Keywords: condition monitoring, information monitoring system, the digital substation, LabView.*

# РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ВИБРАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ БАРАБАНА ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ

Д. А. Полещенко, С.В. Якунин

1. СТИ НИТУ «МИСиС», Белгородская обл., Старый Оскол

*В статье рассматривается разработка системы контроля уровня вибрации на поверхности барабана шаровой мельницы. Приведена структурная схема системы, указаны технические средства для ее реализации. Приведен алгоритм съема и передачи сигнала вибрации с барабана на стационарную рабочую станцию. Приведена программа считывания сигнала в среде NI LabVIEW 13.*

*Ключевые слова: Шаровая мельница, контроль вибрации, беспроводные технологии, микроконтроллерные технологии.*

## 1. Постановка задачи

В настоящее время интенсивно разрабатываются методы определения важнейших факторов процесса измельчения сырья, как в шаровых мельницах, так и мельницах самоизмельчения. Данный процесс широко используется в различных отраслях промышленности, характеризуется высокой ресурсоемкостью и определяет качество дальнейшей переработки сырья.

Основной проблемой является отсутствие точного метода измерения уровня заполнения шаровой мельницы, который бы позволил реализовать систему управления. Наилучшим на сегодняшний день считается комплекс ВАЗМ (виброакустический анализатор), работа которого основана на оценке уровня вибрации. Однако датчики виброускорения в данном комплексе устанавливаются на цапфах мельниц, что привносит в сигнал дополнительные существенные помехи. Чтобы в большей степени исключить помехи связанные с вибрацией передаваемой по земле целесообразно установить акселерометр на поверхность мельницы - это будет наиболее чистый и информативный сигнал.

Предлагается разработать систему, которая интегрирует в себе беспроводные сети с микроконтроллерной техникой, что позволит удаленно контролировать уровень вибрации барабана шаровой мельницы и в последующем оценивать его уровень заполнения .

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW13. Для реализации системы были использованы:

- ✓ Микроконтроллер STM32F407vg;
- ✓ Bluetooth module SH – 09;
- ✓ Среда программирования Keil Uvizion4.

## 3. Описание решения

Структурная схема системы на рис. 1.

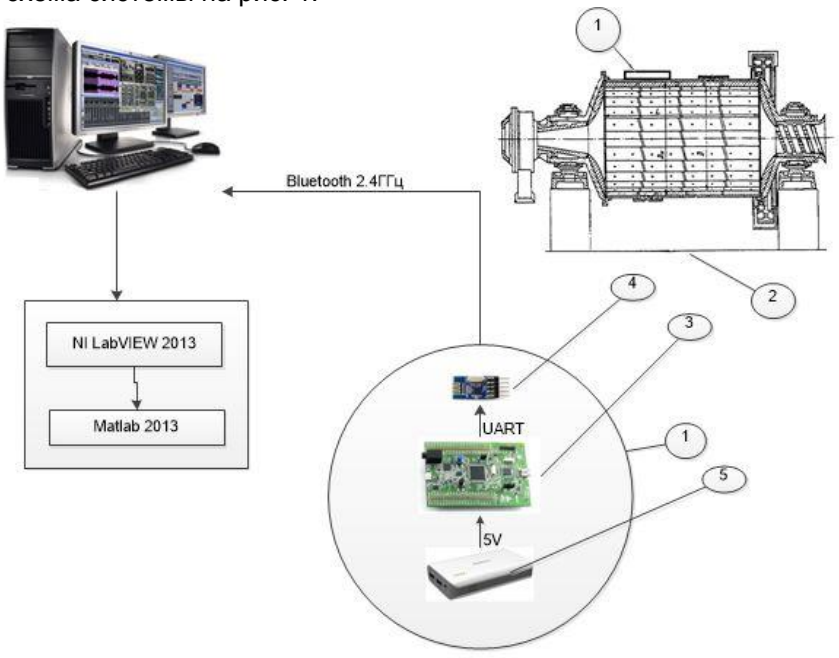



Рис. 1. Структурная схема системы.

На рисунке 1 представлены: 1 –шкаф, установленный на поверхности барабана шаровой мельницы(2); 3- Микроконтроллер STM32F407vgco встроенным акселерометром; 4- Bluetooth module SH-09; 5- аккумулятор.

На поверхности барабана мельницы (2) установлен шкаф с оборудованием (1), при помощи которого осуществляется съем и первичная обработка сигнала вибрации на базе микроконтроллера (3).Передача сигнала вибрации осуществляется при помощи беспроводной технологии Bluetooth. Для этого использован Bluetooth модуль SH-09 (4) в качестве приемника и передатчика, радиус которого составляет до 50м, с частотой 2.4-2.48ГГц по протоколу Bluetooth 4.0, энергопотребление данного модуля составляет 40мА. Установка двух аккумуляторов (5) ёмкостью 17 Ач, позволит решить проблему энергопотребления встроенного шкафа. Данной емкости аккумуляторов будет достаточно более чем 20 дней бесперебойной работы, что согласуется с режимом проведения плановых остановок объекта на техническое обслуживание [1].

В микроконтроллер встроен MEMS-акселерометр. Данный акселерометр позволяет микроконтроллеру считывать текущее состояние ускорения, угла поворота и вибрацию. На рисунке 2 представлен алгоритм съема и передачи сигнала с акселерометра платы микроконтроллера stm32f407vgt6.

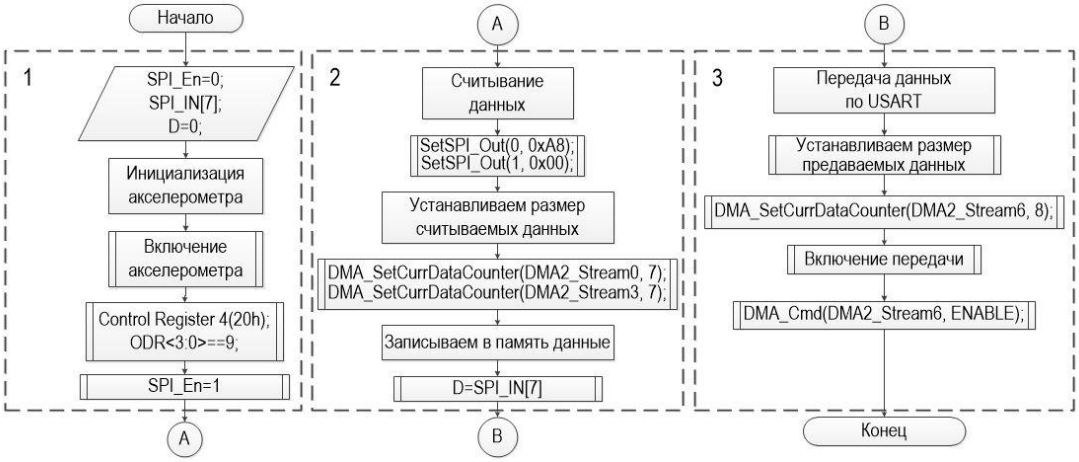



Рис. 2.Алгоритм съема и передачи сигнала с акселерометра платы микроконтроллера stm32f407vgt6.

Подробное описание алгоритма:

1. Акселерометр платы микроконтроллера находится по умолчанию в выключенном состоянии. В связи с этим необходимо его включить, control register 4 (20h) данная функция включает акселерометр, функции ODR<3:0> устанавливают скорость снятия данных, максимальная скорость 1600 Гц.
2. Считывание данных будет происходить, лишь только в том случае если SPI_En=1, то есть после инициализации акселерометра. Данное условие связанно с тем, чтобы считывание не запускалось вместе с системным таймером. Данные снимаемые с акселерометра записываются в переменную SPI_IN [7].
3. Полученные данные передаём по USART с частотой <18МГц на Bluetooth модуль SH-09[2].

Полученный сигнал, в виде пакета данных, поступает в персональный компьютер, при помощи программного обеспечения NILabwiev 13 осуществляется считывание данного пакета рисунки 3 - 4.

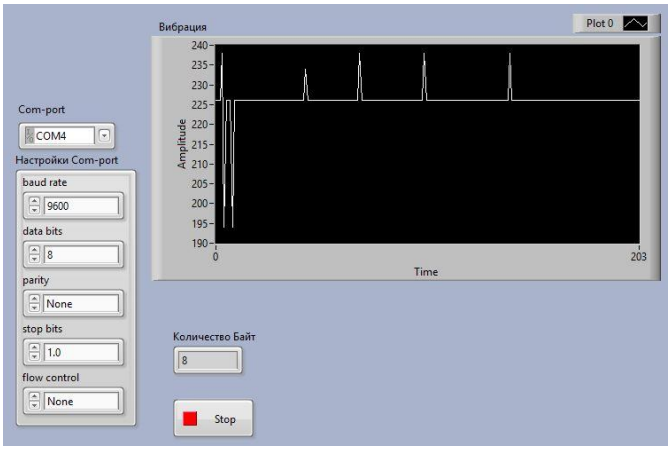



Рис. 3.Визуализация системы оценки вибрации в среде NI LabVIEW 13.

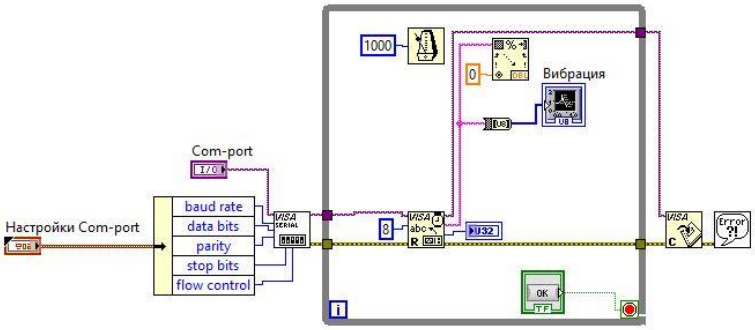



Рис. 4. Программа визуализации в среде NI LabVIEW 13.

В ближайшей перспективе планируется разработать систему оценки уровня заполнения шаровой мельницей с применением беспроводных технологий в том числе на базе приведенного в работе подхода.

## 4. Список литературы


[1]. Якунин С. В., Полещенко Д. А. Методы определения степени заполнения шаровых мельниц на горно-обогатительных предприятиях// Современные проблемы горно-металлургического комплекса. Наука и производство Материалы Двенадцатой Всероссийской научно-практической конференции, с международным участием 2015 Том 2 С. 241-245

[2]. Якунин С. В., Полещенко Д. А. Применение микроконтроллерных технологий для съема и обработки сигнала вибрации с поверхности барабана шаровой мельницы// Материалы XIII Всероссийской научно-практической конференции 2016


**DEVELOPMENT OF THE SYSTEM OF CONTROL OF LEVEL OF VIBRATION OF A SURFACE OF THE REEL OF A BALL MILL**


D. A. Poleshchenko, S. V. Yakunin

1. Stary Oskol Technological Institute named after A.A. Ugarov (a branch of the)
National Research Technological University "MISiS"
Russia, Belgorod region, Stary Oskol



*In article development of the system of control of level of vibration on the surface of the reel of a spherical mill is considered. The block diagram of system is provided, technical means for her realization are specified. The algorithm of renting and signal transmission of vibration from a drum on the stationary workstation is given. The program of reading of a signal in the environment of NI LabVIEW 13 is provided.*



*Keywords: Ball mill, assessment of vibration, wireless technology, microcontroller technology.*

# РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА В LABVIEW

А.М. Гатауллин[1], А.В. Овчинников[2]

*1. ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан*
*2.* ГБОУ ДПО «КГМА»*, г. Казань, Республика Татарстан*

*Для одновременной регистрации биоэлектрических сигналов различного типа предлагается программно-аппаратный комплекс, разработанный на основе NI CompactRIO и среды графического программирования LabView, позволяющий анализировать амплитуды основных ритмов ЭЭГ, частотно-амплитудный и частотно-временной спектры сигналов ЭЭГ от различных отведений, сигналы не инвазивного измерения артериального давления и ЭКГ.*

*Ключевые слова: NI CompactRIO, мониторинг ЭЭГ, мониторинг ЭМГ, системы ночного сна, мониторинг артериального давления, мониторинг ЭКГ*

## 1. Введение

В настоящее время для диагностики ряда заболеваний (эпилепсия, тревожные состояния, нарушения сна) разрабатываются различные методы регистрации и обработки биоэлектрических сигналов, в том числе комплексные (полисомнография) с одновременной записью сигналов электроэнцефалограмм (ЭЭГ), электрокардиограмм (ЭКГ), электромиограмм (ЭМГ), храпа и других [1–3], в том числе в режиме ночного сна. При этом чаще всего исследователи и медицинские работники не имеют возможности перестраивать и программировать оборудование для усовершенствования диагностических методик, и это происходит по причине жёсткой архитектуры имеющегося оборудования. Компания «National Instruments» (NI) выпускает специальное оборудование модульного типа для исследователей и разработчиков.

Целью данной работы является разработка модульной системы регистрации и обработки сигналов ЭЭГ, ЭМГ и ЭКГ пациентов с применением системы сбора данных NI CompactRIO и программной среды NI LabView.

## 2. Материалы и методы

Программно-аппаратный комплекс для решения поставленных задач NI CompactRIO, среда графического программирования NI LabView.

## 3. Описание решения

Для записи биологических сигналов фирмой «National Instruments» разработан специальный модуль NI 9205, который можно с различными предусилителями применять для записи ЭЭГ, ЭКГ и других биоэлектрических сигналов. NI CompactRIO состоит из следующих основных блоков: шасси с 4 или 8 слотами, в шасси вставляются модули сбора данных различного назначения (рис. 1). Данные записываются в память персонального компьютера для дальнейшей программной обработки. Обработку данных удобнее осуществить с помощью виртуальных приборов NI LabView. Из полученных с помощью системы сбора данных NI CompactRIO «сырых» данных ЭЭГ, ЭМГ, ЭКГ можно извлечь различную диагностическую информацию. В том числе можно рассчитать амплитуду тета-, альфа-, бета-ритмов, рассчитать амплитудный и частотно-временной спектры перечисленных сигналов. Система сбора и обработки данных ЭЭГ на основе NI Compact RIO реализуется исходя из числа пациентов и поставленных задач, для этого выбирается подходящее шасси и модули сбора данных. Например, если нужно зарегистрировать ещё 5 типов биологических сигналов (реоэнцефалограмма, пульсограмма, кожно-гальваническая реакция, частота экскурсии грудной клетки, храп и др.) и предполагается их одновременная запись в режиме ночного сна, то нужно взять 8-слотовое шасси и 8 модулей NI-9205. NI CompactRIO соединяется с компьютером через USB порт. Преимуществом предлагаемого решения является возможность быстрого добавления дополнительных модулей для регистрации и анализа биоэлектрических сигналов различного типа без дополнительных усилий как со стороны потенциальных заказчиков предлагаемого оборудования. Это позволяет расширить возможности исследователей, которые смогут без существенных затрат дополнить свои возможности с точки зрения точности методов функциональной диагностики и широты спектра применяемых методик начиная от традиционного рутинного ЭЭГ до методики ночного сна с возможностью анализа ЭКГ, ЭМГ и измерения артериального давления. Виртуальный прибор, состоит из блок-диаграммы и фронт панели, которую. пользователь видит на экране персонального компьютера (рис. 2).

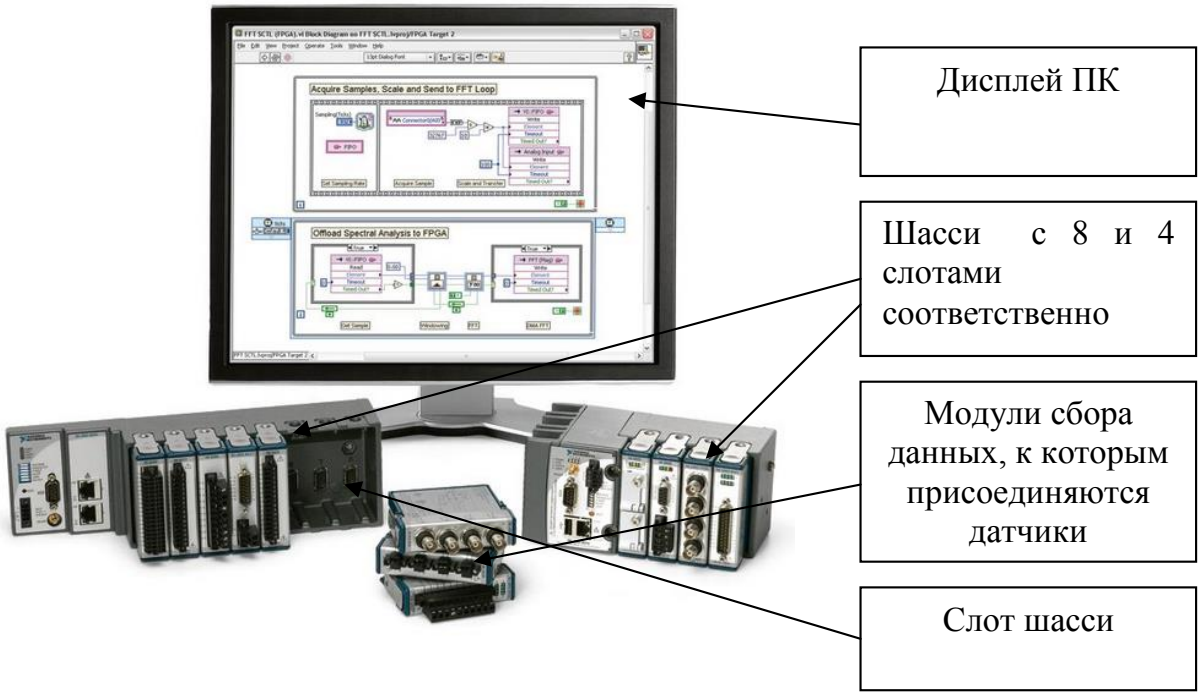



Рис. 1. Основные части системы сбора данных NI CompactRIO

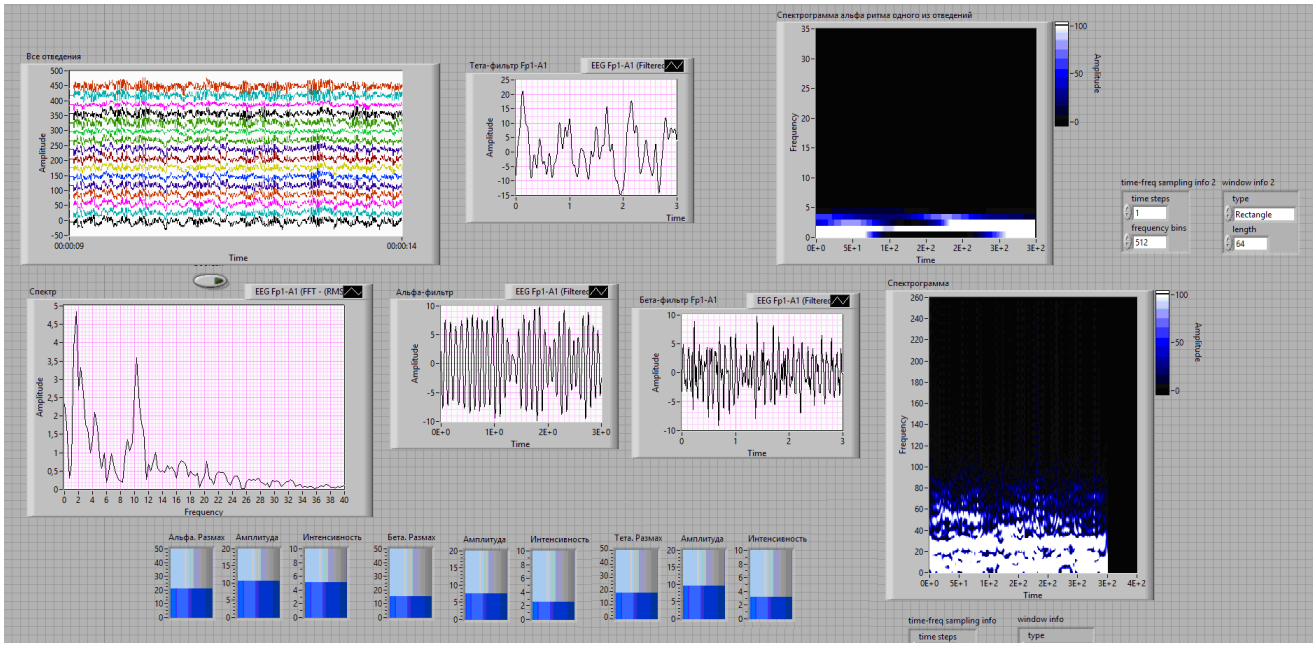


Рис. 2. Виртуальный прибор для сбора и обработки данных ЭЭГ. Фронт панель виртуального прибора

Усилительные каскады предусилителей биологических сигналов удобно проектировать в NI Multisim. Одновременно можно оцифровывать и отображать биологические сигналы различных типов, например, полученные методом не инвазивного измерения артериального давления, ЭКГ (рис. 3).

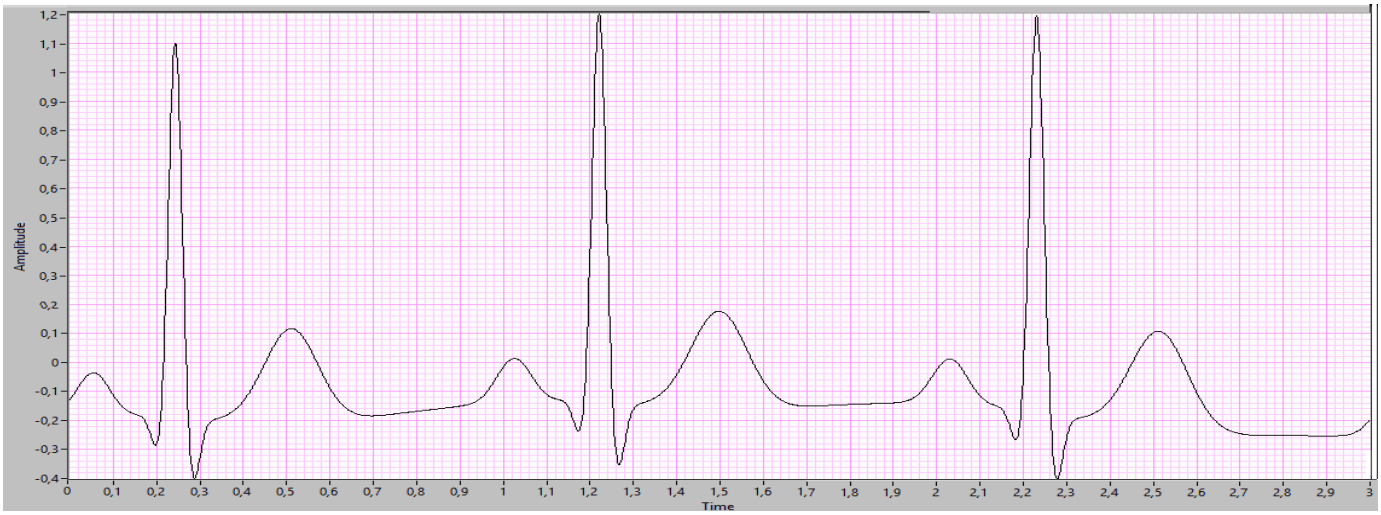


Рис. 3. Пример регистрации ECG

**4. Внедрение и перспективы**

Можно сделать вывод, что система сбора данных на базе NI Compact RIO, модуля NI-9205, предусилителей позволяет регистрировать исходные данные ЭЭГ, ЭКГ, ЭМГ и других биологических сигналов, а LabView очень удобна для реализации самых сложных алгоритмов обработки этих данных и извлечения качественной диагностической клинической информации. Предложенная модульная система сбора данных перспективна с точки зрения внедрения в медицинских, образовательных и научно-исследовательских учреждениях в России и за рубежом.

**5. Список литературы**

1. Гнездицкий В.В. «Обратная задача ЭЭГ и клиническая электроэнцефалография». Москва: МЕДпресс-информ. 2004. – 624 с.
2. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. «Функциональная диагностика нервных болезней. Руководство» – М. Медицина. – 1991.
3. Зенков Л.Р., Ронкин М.А. «Функциональная диагностика нервных болезней» - МЕДпресс-информ. – 2004.

## Development of software and hardware systems in the LABVIEW

AM Gataullin[1], AV Ovchinnikov[2]

*1. KSPEU, 420066, Kazan, Republic of Tatarstan*
*2. KSMU, 420012, Kazan, Republic of Tatarstan*

*In article the software and hardware complex for simultaneous recording bioelectrical signals of different types based on NI CompactRIO and LabView software for analyzing the amplitude of EEG basic rhythms, the frequency-amplitude and time-frequency spectra of the EEG signals from different leads, and the not invasive measurement signals of blood pressure and ECG has been offered.*

*Keywords: NI CompactRIO, EEG monitoring, EMG monitoring, night sleep system, blood pressure monitoring, ECG monitoring*

# РОБОТ С АВТОНОМНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ “WALL-E”

С.В.Алтухов, И.Д.Криволапов, И.В.Бахтызин, П.В.Некрасов

*НИЯУ МИФИ, г. Москва,*

*В статье рассматривается процесс создания роботизированной системы “WALL-E” с ручным и автоматическим управлением на основе применения оборудования myRIO (NI-1900) фирмы National Instruments. Приведены описания программного обеспечения и оборудования.*

*Ключевые слова: myRIO, сонар, сервопривод*

## 1. Постановка задачи

Главной задачей данной работы являлось разработка передвижную систему сканирования местности на базе оборудования myRIO (NI-1900). При решении поставленной задачи, необходимо было предусмотреть ручное и автоматическое управление движением, вертикальную корректировку сканирования и возможность контролировать устройство удаленно.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2015 с модулем NI LabVIEW RealTime. Для реализации системы были использованы: платформа myRIO, сонар HC-SR04, 4 двигателя постоянного тока ТУ37.459 260-0X, два сервопривода направления обзора, WEB камера.

## 3. Описание решения

Структурная схема системы управления приведена на рис. 1.



Рис. 1. Структурная схема системы.

На рисунке 1 представлены: 1 –робот “Wall-E”; 2- myRIO; 3- устройство управления.

Приложение работает в режиме автозапуска, таким образов программа управления загружается в myRIO автоматически при включении питания. Связь между компьютером и роботом осуществляется по сети Wi-Fi созданной myRIO. Управление роботом производится с использованием инструмента LabView web publishing tools, которое позволяет отображать фронтальную панель виртуального прибора управления роботом в стандартном браузере по заданному IP-адресу на удаленном ПК, при подключении к сети myRIO, можно принимать информацию с датчиков и производить управление роботом.

За передвижение робота отвечают 4 двигателя постоянного тока, взаимодействие с которыми осуществляется с помощью специальной платы с драйверами L298N(рис.2) .

Система управления позволяет осуществлять работу робота в двух режимах ручном и автоматическом. При ручном способе управления с myRIO передаются данные о расстоянии и картинка с видеокамеры, платформа производит их обработку и передает по сети на устройство управления. Пример обработки сигнала сонара представлен ниже (рис.3).

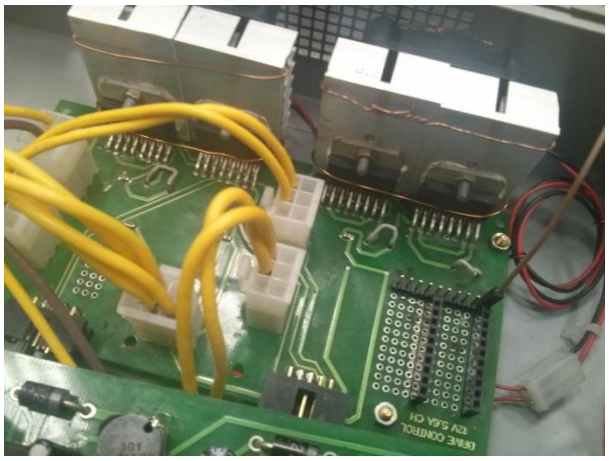


Рис. 2. Плата управления двигателями

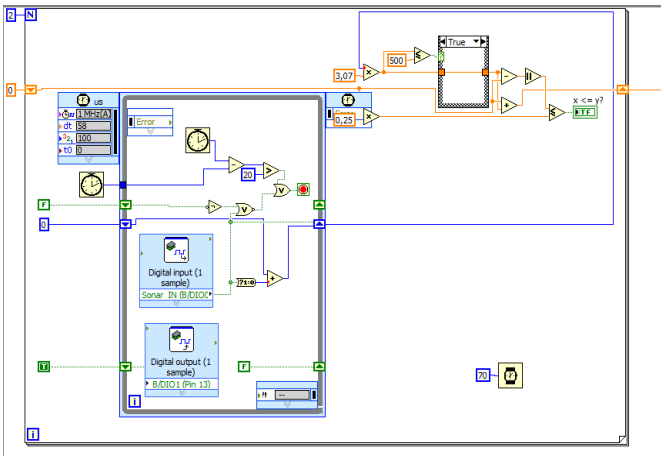



Рис.3. Обработка сигнала с сонара

Пользователь, отталкиваясь от полученных данных, принимает решения о дальнейшем направлении движения робота. Также имеется возможность построения наглядной карты расстояний (рис.4), с помощью которой можно получить дополнительную информацию о выборе направления движения. Построение данной карты осуществляется по средствам сонара и двух сервоприводов. Сначала задаётся угол относительно поверхности, на которой находится работ, затем второй сервопривод отводит дальномер с камерой в крайнее левое положение (но) и начинает перемещать их с шагом 10°, в каждой итерации снимается расстояние и записывается угол, которому соответствует текущему направление.

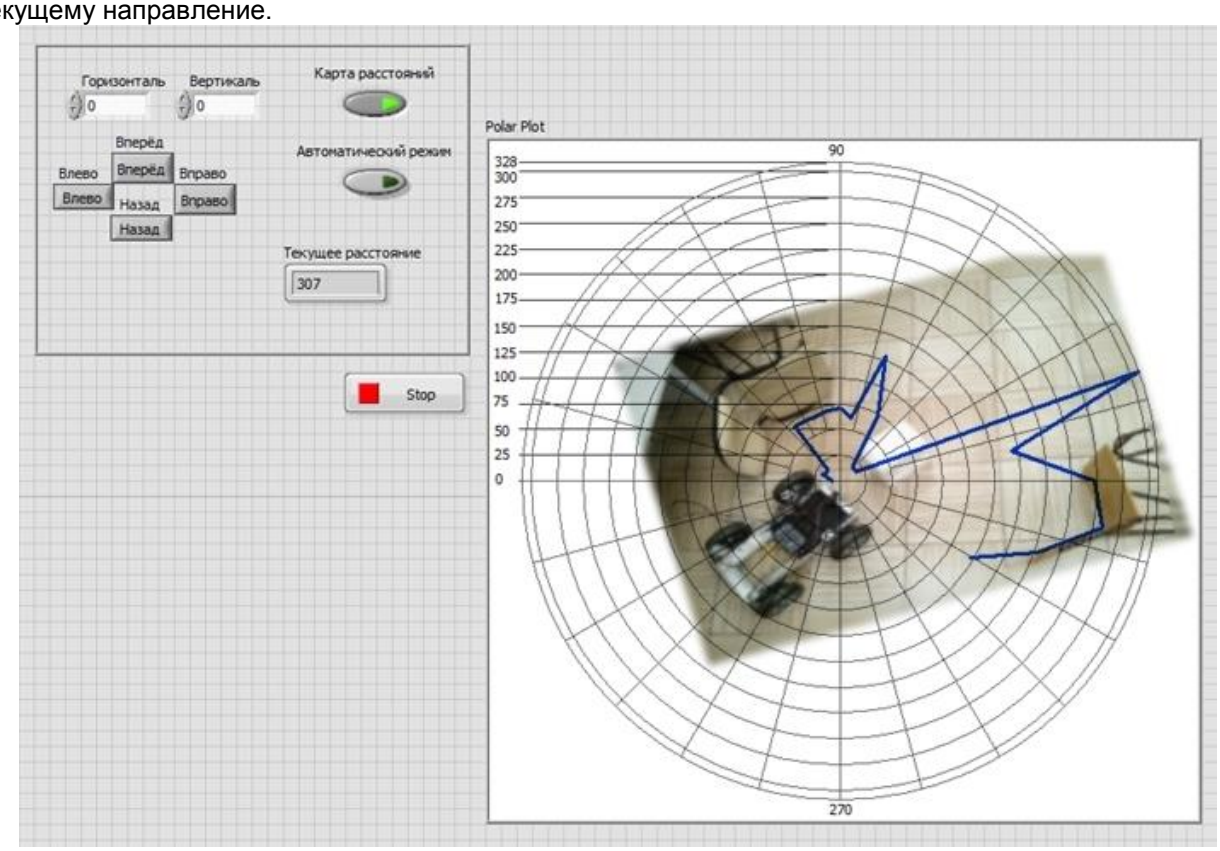



Рис. 4.Пример построения карты расстояний.

Автоматический режим представляет собой конечный автомат (рис.5) : 1. полное сканирование с построением карты расстояний; 2. поворот на угол, соответствующий движени. Робота в сторону максимального расстояния; 3. прямолинейное движение с непрерывным поиском препятствий в секторе с центральным углом, равным 30°, в котором сонар имеет два крайних положения, если обнаружена преграда, то робот переходит в режим объезда препятствий (переход в состояние 4).

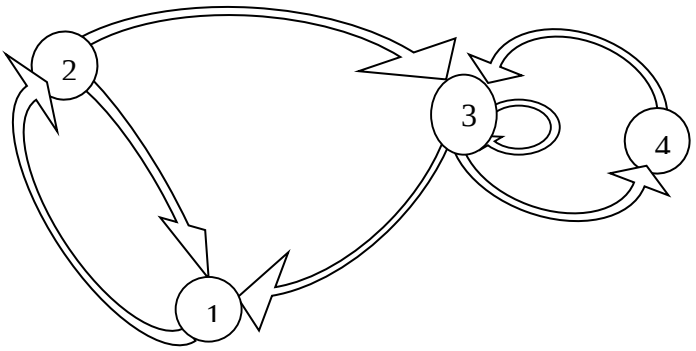



Рис. 5. Реализация конечного автомата.

## 4. Перспективы

Данная роботизированная система может применяться для помощи в передвижении людей с ограниченными возможностями и использоваться в охранных системах.

Дальнейшими этапами развития данной системы является:

- Подключение лазерного дальномера, с целью повышения дальности и точности измерений расстояний до объектов;
- Расширение возможностей и повышение эффективности движения робота. Для этого будут установлены габаритные, задние и боковые сонары. Первая группа сонаров отвечает за повышение точности при объезде и предотвращение столкновения с препятствием, вторая группа для поиска дополнительных вариантов движения, третья – для предотвращения столкновения с препятствиями при движении задним ходом.
- Установка GPS- и GSM-модуля. Навигатор будет необходим для того, чтобы определять текущее местоположение робота, а GSM-модуль, для обеспечения связи с роботом через мобильную сеть.
- Установка электронного инфракрасного датчика с целью улучшения правильности измерения расстояний до бликующих поверхностей.
- Подключение динамиков и микрофона. Данный этап будет необходим для того, чтобы была возможность общаться с объектами, которые находятся в непосредственной близости от робота.

Работа частично выполнена в рамках государственного задания8.826.2014/К Минобрнауки России.

## 5. Список литературы

[1]. USER GUIDE AND SPECIFICATIONS NI myRIO-1900 [Электронный ресурс] – Электрон. тестовые дан. - National Instruments – 2013. Режим доступа: http://www.ni.com/pdf/manuals/376047a.pdf

[2]. Михеев, П. М., С. И. Крылова, В. А. Лукьянченко, Д. С. Урюпина. Учебный курс LabVIEW – Основы. [Учебный курс] – Москва: 2007 – 365 с.

**ROBOT WITH AUTONOMOUS CONTROL “WALL-E”**

S.V. Altuhov, I.D.Krivolapov, I. V.Bahtyzin

National Research Nuclear University MEPHI, Moscow, Russia

*The article discusses the creation of robotic system scan area with manual and automatic control on the basis of myRIO-1900 National Instruments company equipment. Descriptions of software and hardware.*

*Keywords: myRIO, sonar, servo drive*

# СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БПЛА

Е.Д.Баран, Ж.С.Першина, Н.А.Савицкая

*Новосибирский государственный технический университет*

*Рассматривается система дистанционного автоматического управления БПЛА, в состав которой входит наземная станция измерения координат БПЛА в трехмерном пространстве. Контроллер станции по результатам измерения координат и в соответствии с полетным заданием формируют управляющие воздействия и передает их по радиоканалу на борт БПЛА. Приведена структурная схема системы, обсуждаются варианты и перспективы реализации ее на элементной базе National Instruments.*

*Ключевые слова: беспилотный летательный аппарат, измерение координат БПЛА, видеолокация, дистанционное управление, cRIO.*

## 1. Постановка задачи

Дистанционное управление БПЛА чаще всего осуществляется оператором с помощью джойстиков. При этом оператор управляет полетом, пользуясь изображением, которое передается с видеокамеры, установленной на борту БПЛА [1]. Качество пилотирования такой системы зависит от скорости реакции человека, его способности выполнять сравнительно «тонкие» манипуляции джойстиками, а также от пропускной способности канала передачи изображений с борта БПЛА в центр управления. При увеличении зоны облета возрастают требования к мощности бортового передатчика, что влечет за собой увеличение расхода энергии и уменьшение полезного времени работы БПЛА.

Полностью автономный БПЛА выполняет предварительно загруженное полетное задание автоматически, однако подобный БПЛА должен быть оснащен расширенным набором сенсоров и более мощным бортовым компьютером, способным в реальном времени обрабатывать информацию и управлять выполнением задания [2]. Связанные с этим увеличение массы БПЛА и дополнительный расход энергоресурсов также приводят к уменьшению летного времени.

В работе рассматривается система, состоящая из наземной (стационарной или мобильной) станции (базы) и БПЛА, положение которого в пространстве определяется установленным на базе видеолокатором. Результаты измерения координат БПЛА используются для формирования и передачи на борт БПЛА управляющих воздействий, обеспечивающих полет аппарата по заданной траектории. В такой системе установленная на борту БПЛА видеокамера не передает информацию в реальном времени, а сохраняет ее на флэшкарте. Отсутствие необходимости в передатчике, отправляющем на базу большие объемы информации и более простой бортовой контроллер позволяют уменьшить массу БПЛА и, при тех же энергоресурсах, увеличить время полета.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

В состав разработанного прототипа базы входит персональный компьютер, контроллер реального времени cRIO-9004 с модулем аналого-цифрового преобразования NI 9215 и модулем цифроаналогового преобразования NI 9263, радиопередатчик пульта управления квадрокоптером и Web-камера Logitech с USB-интерфейсом. В качестве БПЛА использован простейший квадракоптер Syma X5C.

Программное обеспечение спроектировано в среде LabVIEW с использованием модулей LabVIEW Real Time, LabVIEW Vision и LabVIEW FPGA.

## 3. Описание решения

Структурная схема системы приведена на рис. 1.

Для упрощения обнаружения и определения пространственных координат квадракоптера на него нанесен маркер. В качестве характерных признаков маркера выбрана форма и цвет.

Изображение с Web-камеры вводится в персональный компьютер и подвергается фильтрации по интенсивности и спектральному составу. Таким образом выделяется маркер, вычисляются его площадь и координаты центра масс.

Полученные значения используются для определения координат квадрокоптера в системе координат Web-камеры (высоты H и расстояний X,Y от базы).

В компьютере также формируется полетное задание, которое включает траекторию движения квадракоптера.

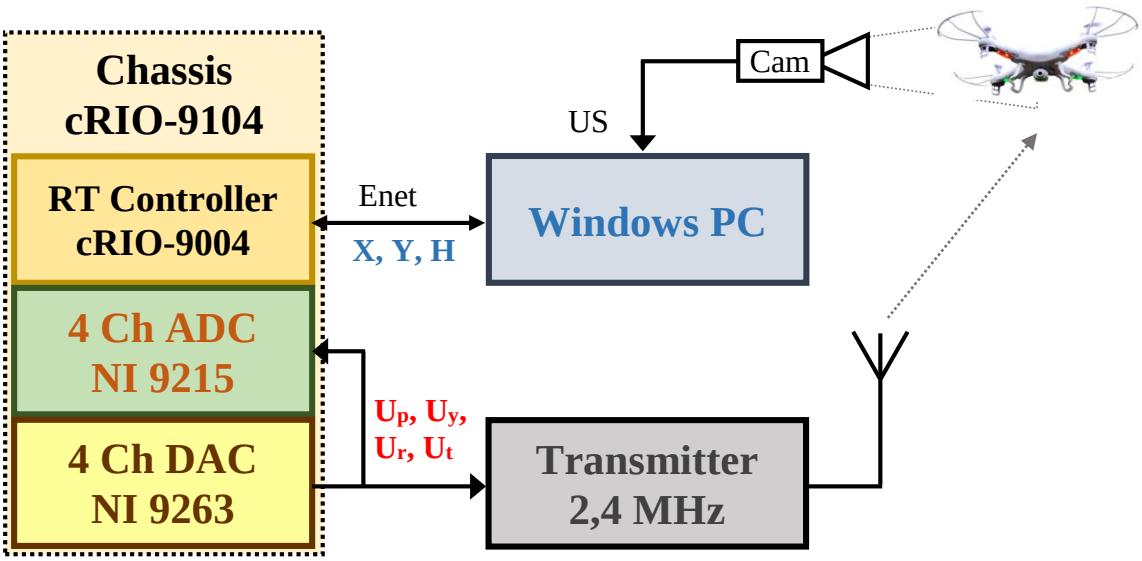



Рис. 1. Структурная схема системы

Полетное задание и координаты квадрокоптера передаются в контроллер реального времени cRIO, где с помощью 4-канального ПИД-регулятора формируются управляющие воздействия.

Цифроаналоговый преобразователь DAC преобразует управляющие воздействия в уровни напряжений $U_p$ (Тангаж), $U_y$ (Рыскание), $U_r$ (Крен), $U_t$ (Газ), которые поступают непосредственно на входы радиопередатчика, а затем по радиоканалу передаются на борт квадрокоптера. Принятые команды полетного задания отрабатываются бортовым контроллером.

В состав контроллера cRIO включен аналого-цифровой преобразователь ADC, с помощью которого измеряются и регистрируются в файле напряжения управляющих воздействий. В этот же файл записываются координаты квадрокоптера. Это необходимо для анализа качества управления в автоматическом режиме, а также для реализации режима обучения при ручном управлении ЛА.

На рис. 2 показана лицевая панель интерфейса оператора, по которому можно отслеживать положение квадрокоптера в пространстве.

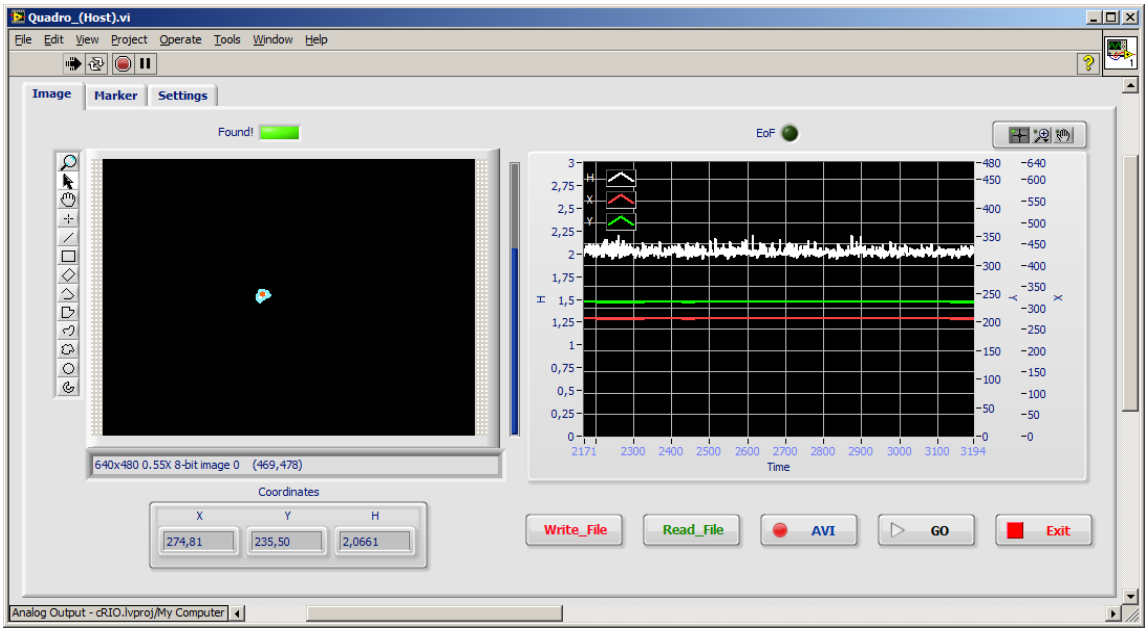



Рис. 2. Интерфейс контроля координат квадрокоптера в пространстве

На рис. 2 слева расположен индикатор отфильтрованного изображения маркера с указанием центра масс, справа индикатор, на котором показаны временные тренды результатов измерения координат квадрокоптера в статическом состоянии (H – высота в метрах, X, Y – координаты на

горизонтальной плоскости в пикселях). В этом состоянии среднеквадратическое значение погрешности определения координат не превышает единиц процентов.

Предусмотрены следующие режимы работы:
1. Установка соединения с квадрокоптером
2. Инициализация бортового контроллера
3. Управление в ручном режиме с пульта квадракоптера и виртуального пульта, реализованного на тачпаде
4. Обучение – с записью управляющих воздействий, формируемых в ручном или автоматическом режиме, и их последующее воспроизведение
5. Управление полетом в автоматическом режиме в соответствии с полетным заданием

В настоящее время производится отладка режима автоматического управления квадракоптера в помещении.

**4. Внедрение и его перспективы**

Предложенный вариант дистанционного автоматического управления БПЛА может найти применение для мониторинга состояния трубопроводов и сельскохозяйственных угодий, охраны больших промышленных предприятий и обследования труднодоступных территорий и т.п.

Представляет также интерес исполнение базы в мобильном варианте, на борту базы могут быть установлены манипуляторы и научные приборы для сбора информации о параметрах окружающей среды, например, составе атмосферы или грунта. [3]. Подобный гибридный робот будет эффективен при исследованиях и дезактивации опасных мест, а также при исследовании планет, обладающих атмосферой.

В рабочем варианте системы предполагается использовать видеокамеру с бо́льшим углом обзора, а в качестве контроллера базы – учебный комплект myRIO или одноплатный контроллер семейства sbRIO. Рассматривается также возможность реализации алгоритмов обработки изображений и управления в FPGA, что создаст предпосылки для включения в состав системы нескольких БПЛА.

**5. Список литературы**


[1]. Многофункциональные мобильные робототехнические комплексы легкого и сверхлегкого класса: Каталог продукции [Электронный ресурс] // Официальный сайт ОАО «Ковровский электромеханический завод». URL: http://www.kemz.org/ (дата обращения: 04.04.2016).

[2]. Локализация, картографирование и поиск пути для беспилотного наземного робота (БНР) при помощи группы беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). https://university.innopolis.ru/research/ robotics/lirs/lokalizatsiya-kartografirovanie-i-poisk-puti-dlya-bespilotnogo-nazemnogo-robota-bnr-pri-pomoshchi-gr/

[3]. Баран Е. Д., Першина Ж. С., Савицкая Н.А. Об одной схеме автономного исследовательского робота. Труды XIII международной научно-технической конференции "АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭЛЕКТРОННОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ" АПЭП–2016. Том .10. с. 159-162.


## UAV REMOTE AUTOMATIC CONTROL SYSTEM


E. D. Baran, Z. S. Pershina, N. A. Savitskaya

*Novosibirsk State Technical University*
*Novosibirsk, Russia*



*This article discusses UAV remote automatic control system, which includes a ground station measuring UAV coordinates in three-dimensional space. Ground station controller generates control actions depending on the result of the coordinates measuring and in accordance with the flight plan, and transmits them to the UAV by wireless link. The structural chart is described. Different options and perspectives of development with National Instruments technologies are discussed.*



*Keywords: UAV, measuring of coordinates UAV, visual location, remote control, cRIO.*

# СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫМ СТЕНДОМ «ПРОГНОЗ-2»

В. И. Исайченко

*ТПУ, г. Томск, Томская обл.*

*В статье рассматривается процесс создания системы управления испытательным стендом «Прогноз-2», показаны основные блоки программы управления, кратко описан испытательный стенд.*

*Ключевые слова: испытательный стенд, летательный аппарат, искусственный спутник Земли.*

## 1. Постановка задачи

В современном мире все больше информационных систем, систем связи и систем навигации используют космические аппараты (КА), находящиеся на земных орбитах. Вследствие этого возникает необходимость вывода на орбиту земли все большего числа космических аппаратов. Из-за высокой стоимости как самого КА, так и вывода его на орбиту Земли разработчики стремятся максимально увеличить срок активного существования космического аппарата. Это очень сложная инженерная задача, поскольку на КА воздействуют такие факторы космического пространства как высокий вакуум, перепад температур и потоки солнечной радиации. Кроме этого, на космические аппараты, орбиты которых проходят через естественные радиационные пояса Земли, следует обратить особое внимание на геомагнитную плазму. Воздействие заряженных частиц геомагнитной плазмы на конструкционные материалы и электронное оборудование КА может вызывать изменение их характеристик вплоть до полного выхода космического аппарата из строя. Для того что бы максимально верно спрогнозировать время работы КА на орбите, все материалы и компоненты, используемые в КА, проходят через наземные испытания на воздействие факторов космического пространства. Это позволяет оценить, насколько подходит данные материалы или электронные компоненты для использования их в конструкции КА.

Работа посвящена созданию программного обеспечения, способного позволить управлять испытательным стендом и следить за показаниями приборов во время эксперимента удалённо, с одного рабочего места оператора.

## 4. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 12 с модулем DAQ Assistant. Для реализации системы была использована платформа NI PXI с контроллером реального времени NI PXI-6320.

## 3. Описание решения

Стойка системы управления или другими словами силовой интерфейс неотъемлемая часть практически любой системы, работающей в автоматическом режиме. Так как все вычисления проводятся на устройстве, в котором рабочие напряжения не превышают 4,5 В, а приводы, клапаны, насосы работают от более высоких напряжений, то появляется необходимость в блоке, способном преобразовать низковольтные операции в высоковольтные.

Стойка представляет собой металлический щит с закреплёнными на нём направляющими проводников, релейного блока и блока ввода-вывода информации.

Программная часть средств автоматизации представляет собой на данный момент две программы, разработанные в разных средах. Основной программой управления является программа, разработанная в среде LabVIEW. Данная программа имеет рабочее название «VACUUM».

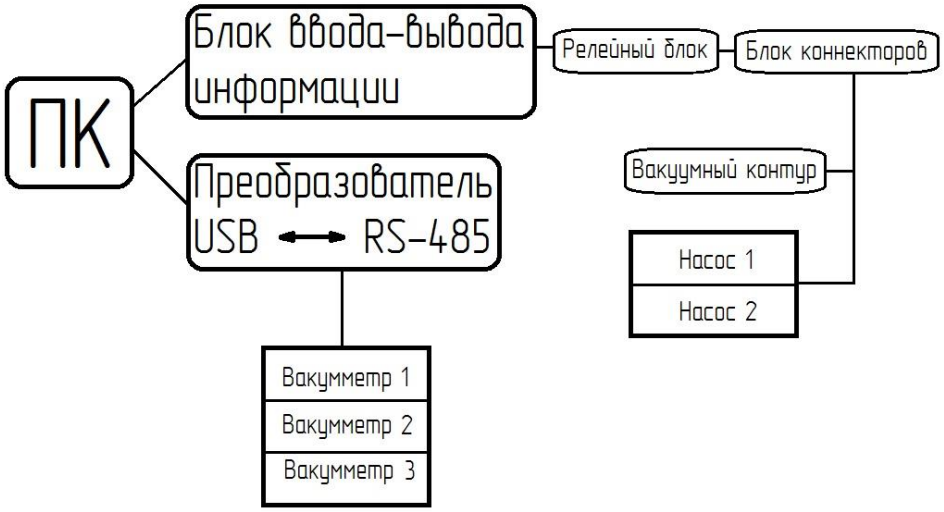



Рис. 1 - Схема аппаратной части – щита управления.

Интерфейс программы показан на рисунке 2. Данная программа на сегодня представляет собой средство управления вакуумным контуром и насосами, от несанкционированного запуска отдельных элементов и для индикации представлена система обратной связи.

В структуре программы присутствуют несколько основных блоков-циклов. На одном осуществляется опрос всех трёх вакуумметров по очереди, создавая эффект многопоточности. На другом цикле блок управления насосами, на третьем – управление вакуумным контуром, в последнем блоке – контур обратной связи.

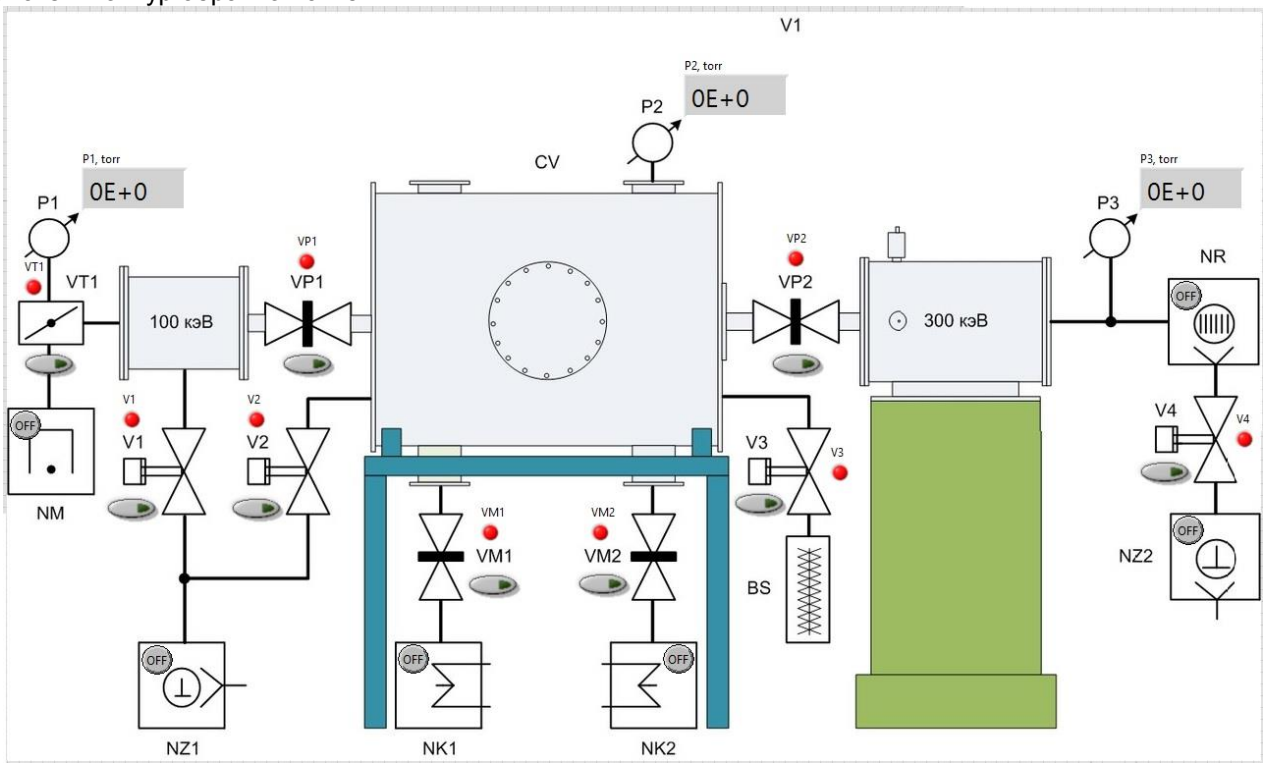



Рис. 2 - Интерфейс программы «VACUUM»

На фоне главного окна программы изображена схема испытательного стенда, чтобы оператору было проще ориентироваться при управлении стендом. Индикаторы рядом с каждым переключателем – это индикаторы обратной связи, которые активируются на клапанах и насосах при успешном совершении действия. Возле каждого вакуумметра (P1, P2, P3) расположено виртуальное «табло», на котором отображается действующее значение, так как это избавляет от нужды подходить к каждому вакуумметру и узнавать значение.

Таким образом, в ходе проделанного работы был предложен метод автоматизации испытательного стенда «Прогноз – 2», было разработано необходимое программное обеспечение и подобраны компоненты аппаратной части.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная система мониторинга успешно внедрена в лаборатории №52 НИТПУ, г. Томск. Идёт работа над созданием полностью автономной системы с генерацией подробного отчёта.

**5. Список литературы**

[1]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

**CONTROL SYSTEM TEST STAND “PROGNOZ-2”**

V.I. Isaychenko

*TPU, Tomsk, Russia*
*Tomsk Polytechnic University, Tomsk, Russia*

*The article discusses the process of creating a test stand control system "Forecast-2" shows the major blocks of the control program, briefly described the test stand.*

*Keywords: test stand, aircraft, artificial Earth satellite.*

# СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ АУДИТОРИЕЙ

А.К. Огарко, Ф.В. Егоров, Е.О. Петренко

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

*В статье рассматривается процесс создания системы управления мультимедийной аудиторией на основе инструментов National Instruments таких как Multisim и LabView. Описан процесс создания и приведены примеры готовых рабочих модулей.*

*Ключевые слова: Multisim, LabView, VDM, VAS, MyRIO, управление, детектирование, переключение, лазер*

## 1. Постановка задачи

Современное оборудование аудитории и умные дома стремятся к общей автоматизации. Для успешной реализации данной задачи необходимы универсальные методы управления подконтрольных систем и датчиков. Сегодня, подобные системы используют различные частные решения, нет единого стандарта или единого метода. Все системы контроля и управления работают лишь в частной связке - пульт (передатчик) и контроллер (приемник). Мы предлагаем упростить систему - принять за метод управления детекцию точки лазерного указателя. Это сделает системы намного более открытыми и универсальными. Система не будет состоять из частной связки: передатчик - контроллер, а будет иметь единственный элемент - контроллер. Источником лазерной точки может быть любой бытовой лазерный указатель.

Задача: На примере аудитории 416 разработать модель интерактивного пространства, с использованием инструментов фирмы National Instruments, в котором средством управления будет являться лазерный луч. Возможности применения лазера в аудитории безграничны. Например, с помощью специального модуля можно распознавать символы написанные лазером, (ИК пульт не предоставляет такой возможности). Это применимо для управления презентацией, открытия/ закрытия окон приложений.

Рассмотрим несколько систем, которыми будет управлять с помощью лазера.

1. Система вентиляции
2. Проектор
3. Управление светом

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 8.6 с модулем NI LabView Vision Development . Для тестирования системы была использована программа Multisim. Для реализации системы была использована платформа MyRio.

## 3. Описание решения

Структура нашего проекта представлена в виде диаграмм IDEF0 (рис. 1, 2).

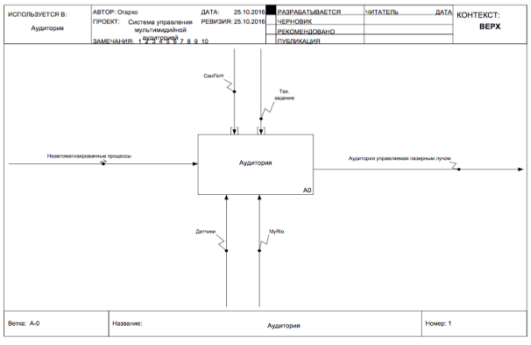



Рис. 1. Общая схема.

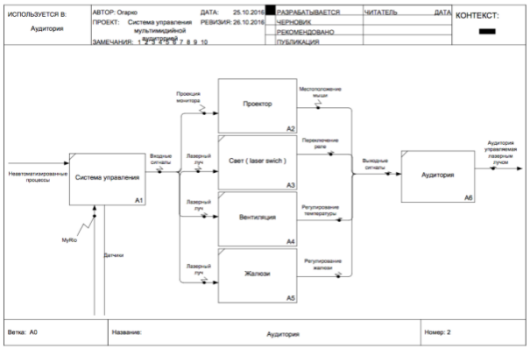



Рис. 2. Декомпозиция

Мы подробно рассмотрели две системы. Описание работы первой системы - проектора, приведено на диаграмме (рис. 3).

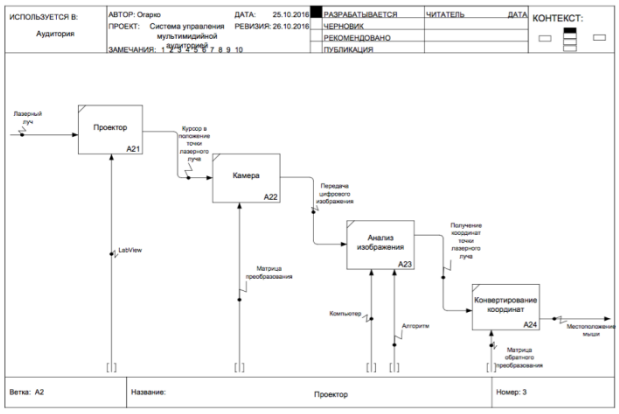



Рис. 3. Диаграмма работы распознавания лазерного луча .

Для получения информации о положении лазерной точки мы использовали веб-камеру и программу LabView. В программе LabView используя ее функции мы создали шаблоны для детектирования объекта (лазерной точки) на изображениях.(рис.4)

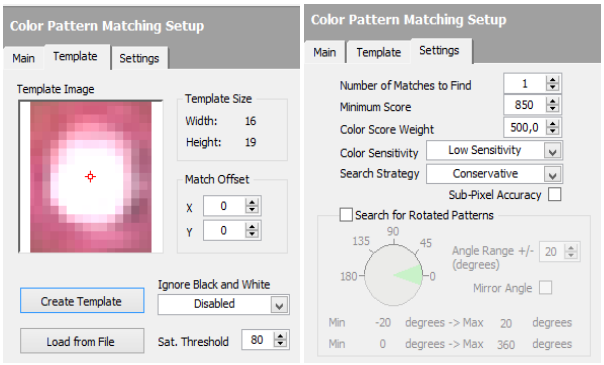



Рис. 4.Шаблон для детектирования сигнала.

Далее с помощью модулей захвата изображения LabView была создана программа и интерфейс для захвата изображения с камеры и дальнейшего его анализа используя алгоритм созданный ранее. (рис.5).

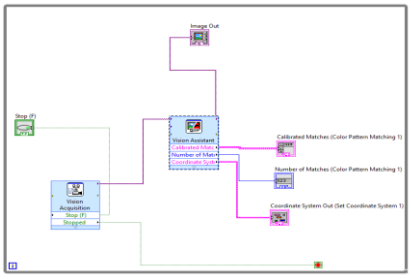


Рис. 5. Фрагмент программы.

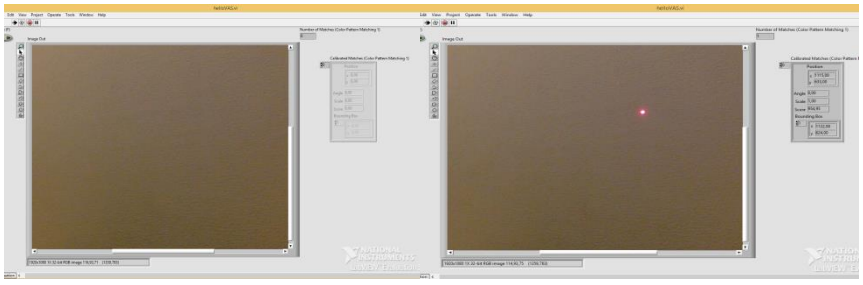


Рис. 6. Пример работы программы

Второй элемент нашей системы - лазерный переключатель. Допустим, имеется интерактивная комната с множеством управляемых модулей. Например, один из них это серия ламп, каждая из которых может быть выключена или включена по требованию.

Задача: выключить третью лампу в среднем ряду. Для выполнения этой операции необходимо иметь или серию кнопок на пульте отвечающую за лампу, или интуитивно не понятную систему меню. В случае использования лазера, ничего этого не требуется. Каждая лампа оснащена детектором лазера и может быть включена или выключена с помощью него. Использование такой системы,

позволяет масштабировать систему управления не внося изменения в инструмент контроля, в нашем случае это лазер, чего нельзя сказать о системе управляемой при помощи пульта. Реализация программно-указательного метода управления. Лазером отмечается цель, а всё остальное делает система управления. Во время использования пульта нам нужно управлять процессом чтобы получить желаемый результат. Здесь, достаточно указать желаемый результат

На первом этапе мы собрали наш переключатель в программе Multisim (рис.7.). После серии тестов, убедившись в его работоспособности, переключатель был собран на реальных электронных компонентах.(рис.8.)

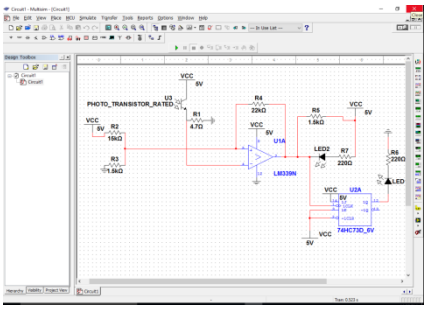


Рис. 7. Схема в Multisim.

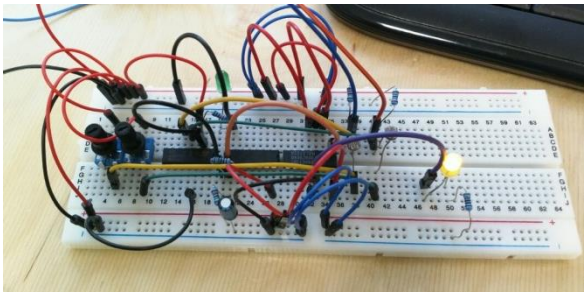


Рис. 8. Реальная схема

Сам переключатель имеет вид представленный на рисунке 9.

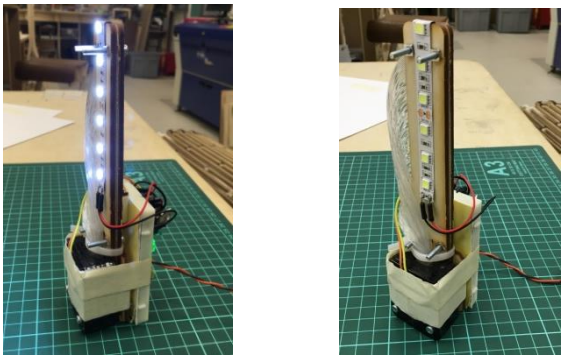


Рис. 9. Переключатель во включённом и выключенном состоянии

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанную систему планируется применять в аудиториях университета МГТУ им. Баумана и расширять спектр объектов управляемых лазером.

**5. Список литературы**


[1]. Курс лабораторных работ по основам программирования в среде NI LabVIEW /Инженерные и научные приложения на базе технологий NI NIDays-2014 : Сборник трудов XIII международной научно практической конференции, А.А. Григорьян, Е.В. Арбузов, Е.О.Петренко. Москва 19-20 ноября 2014г. - М.: ДМК Пресс, 2004.-С.433-435

[2]. Давид Марка, Клемент МакГоуэн, Методология структурного анализа и проектирования. Пер. с англ. М.:1993, 240 с. , ISBN 5-7395-0007-9

[3]. http://www.ni.com/multisim/ – раздел на сайте National Instruments


**MANAGEMENT SYSTEM MULTIMEDIA AUDIENCE**


A.C. Ogarko, P.V. Egorov, E.O. Petrenko

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*



*The article discusses the process of creating a management system of multimedia audience with tools of national instruments such as Multisim and LabVIEW. The article describes the process of creating and prototypes, working modules.*



*Keywords: Multisim, LabView, VDM, VAS, MyRIO, control, detection, switch, laser*

# УПРАВЛЕНИЕ ЛАЗЕРАМИ НАКАЧКИ ПРОЕКТА GALS

К.А. Аввакумов[1], А.О. Борисова[2], О.В. Стрекаловский[2]

*1. Лаборатория ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской обл.*
*2. Университет «Дубна», г. Дубна, Московской обл,*

*В статье описано программное обеспечение для управления лазерами проекта «GALS», осуществляемое по каналу CAN.*

*Ключевые слова: интерфейс CAN, интерфейс пользователя, управляющая программа.*

## 1. Постановка задачи

В Лаборатории Ядерных реакций имени Г.Н.Флерова, в Объединенном Институте Ядерных Исследований (г. Дубна), создаётся новая установка ГаЛС (GALS: GAs cell based Laser ionization Setup) для проведения экспериментов по ядерной физике [1,2]. Ключевым её элементом является газовая ячейка – объём, заполненный инертным газом, в котором продукты ядерных реакций термализуются и нейтрализуются. Затем атомы изучаемых изотопов селективно ионизируются с помощью системы лазеров, вытягиваются и ускоряются в электрическом поле, проходят через магнитный дипольный масс-сепаратор и попадают в детектор.

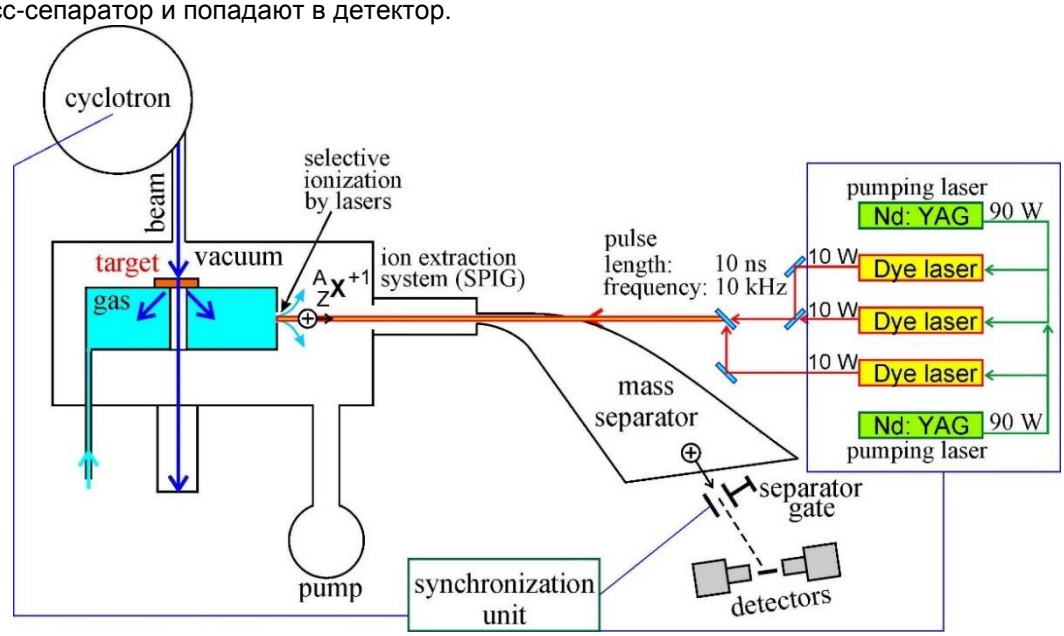



Рис.1. Структурная схема установки GALS

Лазерная система будет состоять из лазеров на красителе с перестраиваемой частотой излучения и двух лазеров накачки (Edgewave IS16III-E [3] и Edgewave IS200-3-L).

## 5. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для управления лазерами фирмы использован преобразователь NI USB-8473S USB–CAN. Разработка управляющей программы осуществлялась в среде программирования NI LabVIEW 14.

## 6. Описание решения

Структура управления лазерами накачки фирмы Edgewave проекта GALS приведена на рис. 2. Производителем лазеров предусмотрено управление либо по стандарту RS232, либо по шине CAN. Одновременно к CAN шине можно подключить до 15 лазеров. При этом контролируются параметры системы охлаждения, системы питания и обеспечения безопасности работы лазеров.

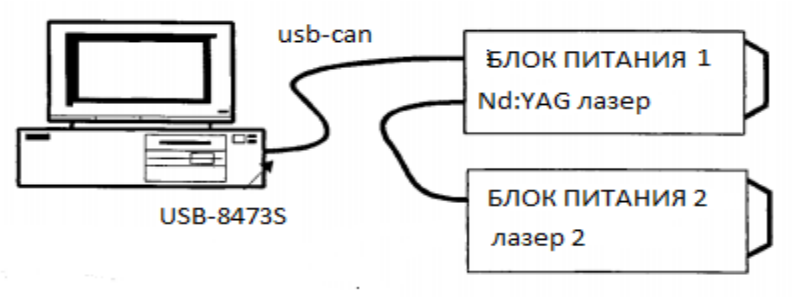



Рис.2. Управление блоками питания лазеров проекта GALS

Установленная скорость передачи данных по шине CAN 500 Кбит/с. Каждому лазеру устанавливается свой уникальный 11-разрядный идентификатор, который можно изменить по специальной команде.

Кадр команды управления лазером состоит из идентификатора устройства и восьми байт данных, организованных следующим образом: байт 0 – символ «r» для чтения или «w» для записи; байт 1 всегда нулевой; байт 2 – код команды; байт 3 всегда нулевой, байты с 4 по 7 соответствуют прочитанному или записываемому значению в формате с плавающей запятой. Таблица с набором команд, помещаемых во второй байт, приведена в описании лазера. Таким образом, чтобы установить ток лазера, посылается кадр с идентификатором 0x78F и следующим набором данных (побайтно): w 0 1 0 b1 b2 b3 b4, где четыре последних байта соответствуют устанавливаемому значению тока. Если команда принята без ошибок, то лазер отвечает кадром с идентификатором 0x74F и следующими данными: w 0 1 0 b1 b2 b3 b4. По команде с кодом 0x90 можно прочитать код ошибки лазера. Среди контролируемых параметров скорость потока охлаждающей жидкости, стабильность температуры термостата, нарушение блокировок, превышение током лазера предварительно установленного предельного значения. Код ошибки и его расшифровка выводятся в отдельном окне. Предусмотрено протоколирование изменения управляющих параметров.

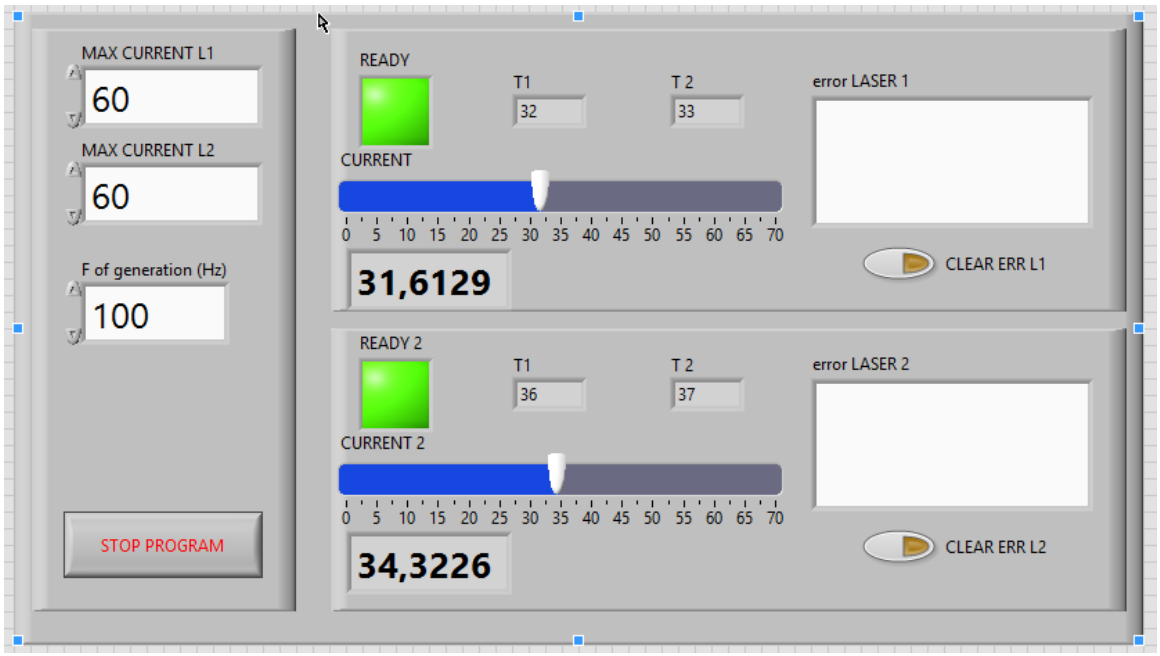



Рис.3. Панель оператора программы управления лазерами накачки.

## 7. Внедрение и его перспективы

Разработанная система управления лазерами накачки применяется в ЛЯР ОИЯИ. В дальнейшем эта программа будет интегрирована в комплексную систему управления электронными системами проекта GALS.

## 8. Список литературы


[1]. S. Zemlyanoy, V. Zagrebaev, E. Kozulin et al., GALS – setup for production and study of multi-nucleon transfer reaction products: present status. Journal of Physics: Conference Series 724 (2016) 012057

[2]. Zagrebaev, V.I., Zemlyanoy, S.G., Kozulin, E.M. et al.: Hyperfine Interacs 227, 181 (2014)

[3]. User Manual of INNOSLAB Laser. EdgeWave GmbH, Wurselen, Germany


## PUMP LASER CONTROL FOR GALS SETUP.


K.A. Avvakumov, A.O. Borisova, O.V. Strekalovsky

*1. Flerov Laboratory of Nuclear Reactions, Joint Institute for Nuclear Research, Dubna, Moscow region,*

*2.University "DUBNA", 141980, Dubna, Moscow region*



*The article describes the software management lasers «GALS» project, carried out via the CAN channel.*



*Keywords: CAN interface, user interface, control program.*

# УПРАВЛЕНИЕ ШАГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ С ПОМОЩЬЮ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ВВОДА-ВЫВОДА NI DAQ

Ю.В. Федотов

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*

*В статье рассмотрены возможности использования различных аппаратных средств фирмы National Instruments для управления шаговыми двигателями. Показаны способы использования многофункциональных модулей ввода-вывода для генерации последовательности импульсов. Описаны программные решения, использующие для управления шаговыми двигателями возможности драйвера DAQmx.*

*Ключевые слова: шаговый двигатель, автоматизация научного эксперимента, управление технологическим процессом, аппаратные средства, программное обеспечение, DAQmx.*

## 1. Постановка задачи

Шаговые двигатели (ШД) широко используются в задачах автоматизации научного эксперимента, управления технологическими процессами, робототехнике и прочих областях науки и техники, где необходимо осуществить контролируемое перемещение объекта. Интерес к ШД связан с тем, что они недороги и легкодоступны (производители предлагают широкий ассортимент ШД с различными типоразмерами, мощностями и конструктивными особенностями), кроме того управление ШД достаточно просто реализовать.

Фирма National Instruments предлагает ряд специализированных контроллеров NI 73xx для управления двигателями (в том числе и шаговыми) и несколько модулей программного обеспечения (ПО) для разработки пользовательского ПО управления приводами на разных платформах. В зависимости от выбранного котроллера и модуля ПО могут быть реализованы различные режимы управления: перемещение одного двигателя, синхронное перемещение нескольких двигателей, движение по заданной траектории в многомерном пространстве, управление двигателем с замкнутым контуром регулирования с использованием различных сигналов обратной связи (ОС). Таким образом, используя оборудование и ПО фирмы National Instruments можно решить широкий круг задач различной сложности по управлению ШД.

Однако не во всех задачах удобно для управления ШД использовать отдельный контроллер управления приводами. Кроме того контроллеры управления приводами фирмы National Instruments имеют форм факторы (PCI, PXI или CompactRIO), которые накладывают определенные ограничения на выбор вычислительной платформы, так как далеко не все платформы обладают выше перечисленными интерфейсами.

При этом достаточно часто встречаются задачи, в которых не требуется использования сложных алгоритмов управления ШД, а в состав оборудования входит тот или иной многофункциональный модуль ввода-вывода. Отметим что, в настоящее время имеется широкий ассортимент многофункциональных модулей ввода-вывода, в том числе подключаемых с использованием наиболее распространенного интерфейса USB.

Данная работа посвящена обзору методов управления ШД при помощи ресурсов многофункциональных модулей ввода-вывода и ПО разработанного в среде графического программирования LabVIEW с использованием возможностей драйвера DAQmx.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для управления ШД использовались многофункциональные модули ввода вывода NI USB-6501, NI USB-6218, NI USB-6210, NI USB-6341. Программное обеспечение создавалось в среде графического программирования NI LabVIEW 2011 с применением драйвера DAQmx 14.1.

## 3. Описание решения

Обобщенная структурная схема комплекта оборудования для управления ШД представлена на рис. 1.

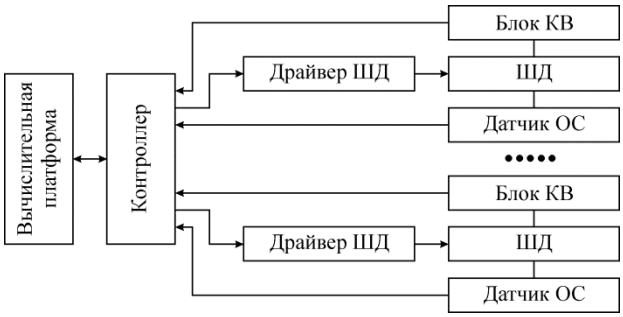



Рис. 1. Структурная схема комплекта оборудования для управления ШД

Ключевым элементом комплекта оборудования для управления ШД является контроллер формирующий сигналы управления для драйверов ШД. Одним из наиболее распространенных - является протокол управления STEP/DIR. По одной линии передается последовательность импульсов, каждый из которых приводит к перемещению ротора ШД на один шаг, а другая линия определяет направление движения. Драйвер ШД преобразует в сигналы протокола STEP/DIR в токовые импульсы управления обмотками ШД. Блок концевых выключателей позволяет определить «нулевое» положение и ограничить приделы перемещения исполнительного механизма. Использование датчиков обратной связи позволяет создавать системы с замкнутым контуром управления. Система управления ШД может быть реализована без КВ и датчиков ОС. В этом случае «нулевое» положение и ограничение перемещения может быть реализовано с использованием механических упоров, а положение ШД определяться подсчетом количества сгенерированных импульсов.

Наиболее критичным для использования в качестве контроллера многофункциональных модулей ввода-вывода NI DAQ является формирование последовательности импульсов (линия STEP протокола STEP/DIR). Формально последовательность импульсов может быть сформирована с использованием любого цифрового выхода модуля многофункционального ввода-вывода. Для этого достаточно передавать в этот выход последовательность из чередующихся логических нулей и единиц.

Модуль NI USB-6501 имеет 24 двунаправленных входов-выходов, что позволяет без дополнительных мультиплексоров подключить до 12 ШД. Однако если использовать выходы с программной синхронизацией, то для формирования требуемой длительности импульсов придется воспользоваться программно-реализуемыми задержками. В этом случае (в квази-мульти задачных операционных средах типа Windows) частота генерируемой последовательности импульсов оказывается недостаточной, а движение ШД неравномерным. Блок диаграмма (БД) реализующая управление ШД с использованием цифровых выходов с программной синхронизацией представлена на рис. 2.

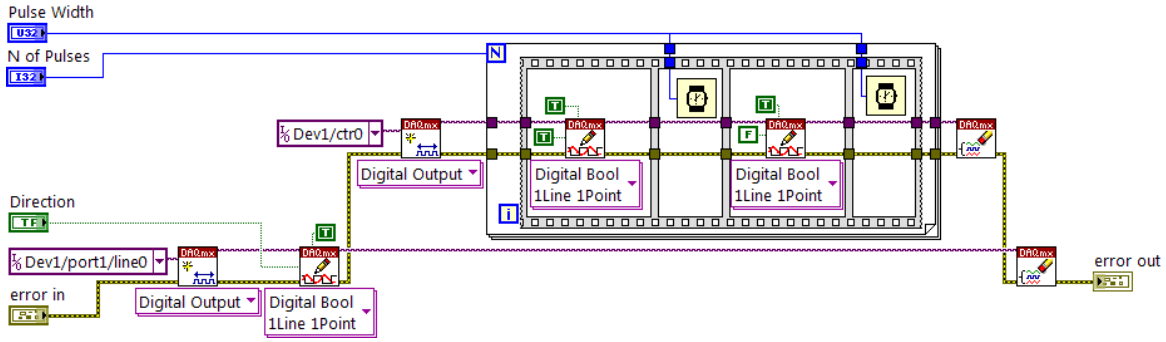



Рис. 2. БД реализующая управление ШД с использованием цифровых выходов с программной синхронизацией

Последовательность импульсов более высокой и стабильной частоты следования может быть получена с использованием счетчиков. Для формирования последовательности импульсов заданной длины DAQmx драйвер использует два счетчика. Устройства из семейства многофункциональных модулей ввода-вывода NI USB-621x содержат по два счетчика. Если не требуется одновременное перемещение, то к модулям данного семейства может быть подключено до двух ШД одновременно. Наиболее дешевым в данном семействе является модуль NI USB-6210 имеющий 4 цифровых выхода, два из них могут быть сконфигурированы как счетчики. Использование счетчиков модулей семейства NI USB-621x не допускает изменять скорость в процессе движения ШД, что не позволяет реализовать в частности плавный разгон и торможение. Пример БД реализующей управление ШД с использованием счетчика приведен на рис 3.

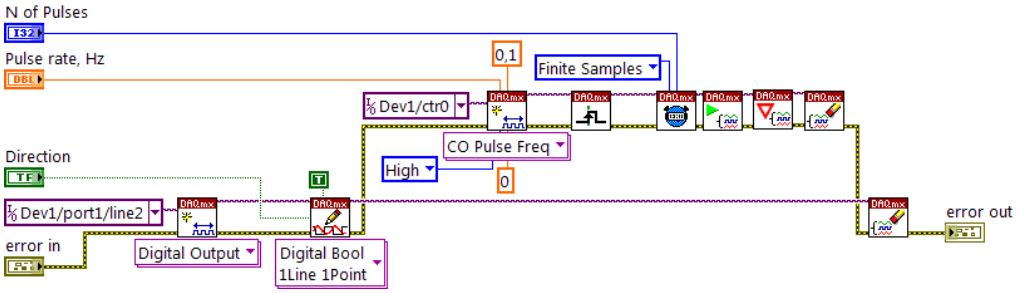



Рис. 3. БД реализующая управление ШД с использованием счетчика

Применение аппаратно-синхронизуемых цифровых выходов или выходов ЦАП для генерации последовательности импульсов позволяет реализовать движение ШД с переменной скоростью, в частности плавный разгон и торможение. Многофункциональные модули NI DAQ серии X имеют цифровые линии с аппаратной синхронизацией. У модуля NI USB-6341 8 двунаправленных выходов с аппаратной синхронизацией, что позволяет, в сочетании с еще 8 выходами (с программной синхронизацией) использовать модуль для управления 8 ШД. На рис. 4 приведен пример БД реализующей управление ШД с использованием цифровых выходов с аппаратной синхронизацией.

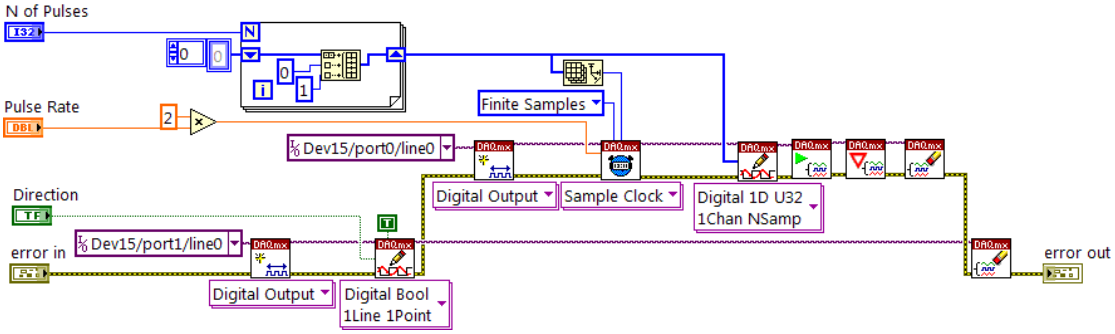



Рис. 4. БД реализующая управление ШД с использованием цифровых выходов с аппаратной синхронизацией

Во многих задачах необходимо измерять зависимость некоторого информативного (как правило, аналогового) сигнала от положения привода. В этом случае вместе с аналоговым сигналом на входы АЦП можно подать сигнал с выходов, на которые выдается последовательность импульсов для ШД. Синхронная оцифровка сигналов и их последующий анализ позволяет привязать аналоговый сигнал к положению ШД. Для более точной привязки могут быть использованы датчики положения, например инкрементальные энкодеры, сигналы которых также оцифровываются синхронно с информативным сигналом.

Таким образом, применение многофункциональных модулей ввода-вывода NI DAQx позволяет достаточно просто реализовать управление ШД, что позволяет во многих задачах обойтись без использования специализированных контроллеров.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанные методы управления ШД активно используется при разработке ПО для автоматизации научного эксперимента в МГТУ им. Н.Э. Баумана и для автоматизации технологических процессов при производстве волоконно-оптических гироскопов в ООО «Физоптика».

**STEP MOTOR CONTROL USING MULTIFUNCTION NI DAQMX DEVICES**

Yu.V. Fedotov

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

*Step motor control by using different National Instruments hardware and software tools is considered. The ways of pulse train generation by multifunction DAQmx devices are shown. Software solutions based on DAQmx driver are described.*

*Keywords: step motor, experiment automation, process control, hardware, software, DAQmx.*

# УПРАВЛЯЕМАЯ СИСТЕМА ВИБРОИЗОЛЯЦИИ С ПИД-РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПО ДАВЛЕНИЮ

*С.В.Кондрашов[1], Г.М.Макарьянц[1]*

*1. ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королева) г.Самара*

*В статье рассматривается процесс модернизации автоматизированной системы управления давлением в пневматической подушке установленной на испытательном стенде предназначенным для исследований управляемой виброизоляции. Приведены схема программы управления в пакете LabView, указаны основные используемые блоки. Описан процесс испытаний, приведены некоторые выходные данные и дано их описание.*

*Ключевые слова: управляемая виброизоляция, пневматический сильфон, дискретные клапаны, возмущающее воздействие*

## 1.Постановка задачи

Автоматизированная система, рассмотренная в статье [1], продемонстрировала ряд недостатков в работе системы виброизоляции, использующей релейную логику. В частности, сигнал первой производной давления в сильфоне требовал дополнительной фильтрации, что вносило задержки в исполняемый алгоритм. Также клапаны CFB-D24J-R1 с большим проходным сечением проводили слишком быстрый сброс давления из пневмоэлемента. После установки дополнительных дросселей RFU 484-1/8 , было выявлено малое быстродействие клапанов и неэффективность управляющего алгоритма в целом, поэтому было принято решение о переходе на ПИД-регулирование и применение пропорциональных клапанов с большим быстродействием.

Работа посвящена модернизации разработанной системы, замене релейной логики на ПИД-регулирование, а также переходу от дискретных клапанов к пропорциональному серворaспределителю и новому типу возбудителя колебаний.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW. Для реализации системы были использованы: логический контроллер NI cRIO 9023, блок питания NI PS-15, модуль NI 9239, модуль NI 9203, модуль NI 9233, модуль NI 9265, модуль NI 9263.

## 3. Описание решения

Структурная схема системы виброизоляции приведена на рис. 1.

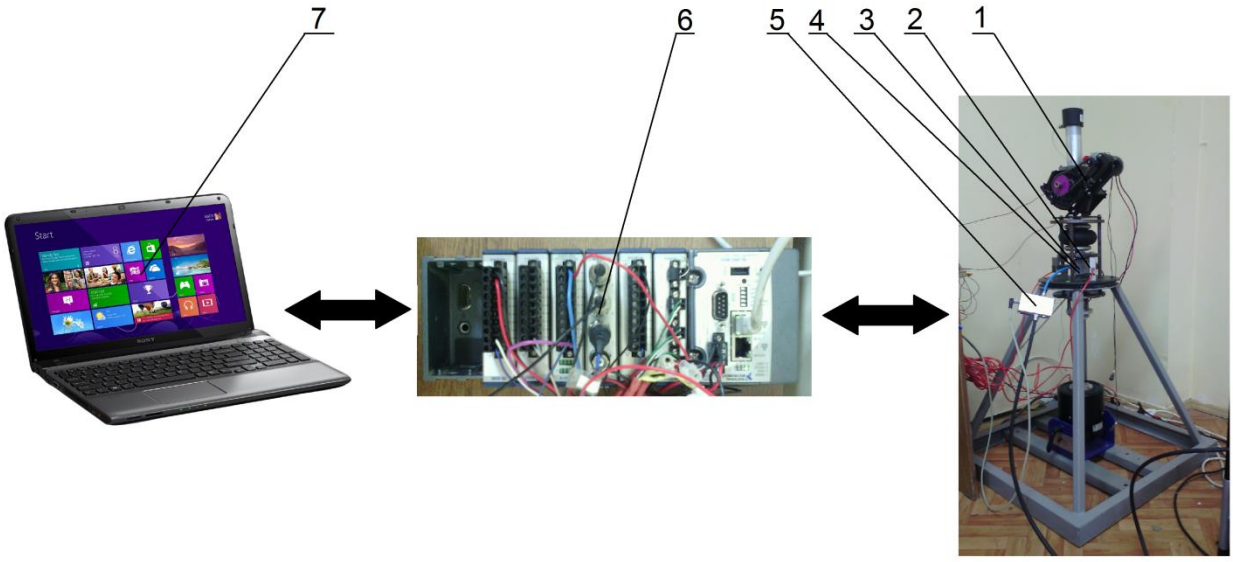



Рис. 1. Структурная схема системы.

На рисунке 1 представлены: 1 – источник вибрации; 2 - датчики силы Токвес STA;

3 – датчик давления PCB M101A06; 4 - датчик давления SMS PSE 560-02-28 ; 5 - серворaспределитель LRWA 2-34-3-A-00 ; 6 - контроллер NI cRIO 9023;7 - вычислительный блок (ПК)

На рисунке 2 представлен контроллер NI cRIO-9023 со встроенными модулями. Давление в пневматическом сильфоне регулируется с помощью ПИД-регулятора управляющего серворaспределителем, подключенным к модулю NI 9474. Сигнал ошибки для алгоритма подаётся с датчика статического давления SMS PSE 560-02-28 подключенного к модулю NI 9233. На сильфон подаётся возмущающее воздействие от вибратора управляемого модулем NI 9263. Вибратор представляет собой поршневой двигатель, приводимый в движение через коленчатый вал, с помощью электродвигателя PM 25R-45F-1004, который подключается через плату Sabertooth 2x60. Для анализа передаваемых на опору усилий в корпус установки вмонтированы тензодатчики подключенные через модуль NI 9239. Также эффективность работы установки оценивается при сравнении сигналов с пьезодатчиков смонтированных на раме установки и вибраторе соответственно, подключенных через модуль NI 9233.

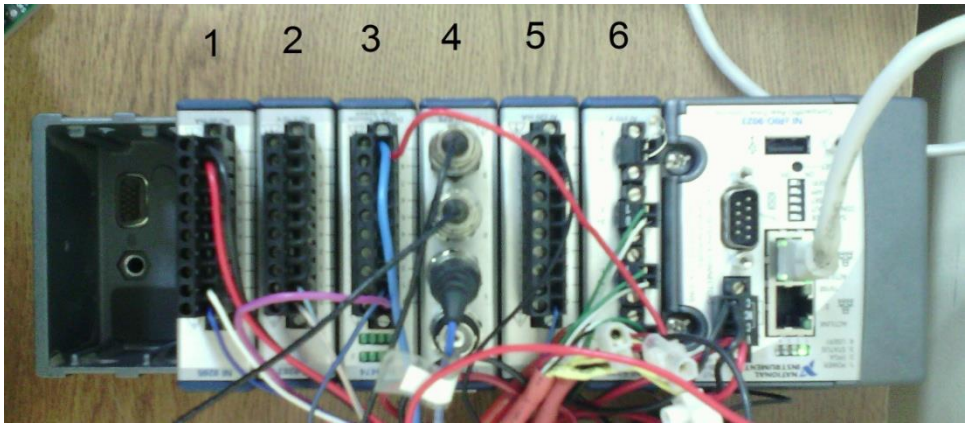



Рис. 2.Общий вид контроллера со встроенными модулями:1- NI 9265 2- NI 9263,3-NI 9474,4-NI 9233, 5-NI 9203,6-NI 9239.

В процессе испытаний установки одним и тем же сильфоном моделируется работа пассивной и управляемой систем. При симуляции работы пассивной системы в сильфон нагнетается воздух до определённого давления $P_0$, после чего клапан подачи закрывается, а на вибратор подаётся синусоидный управляющий сигнал для отработки знакопеременного усилия. При симуляции работы управляемой системы на вход подаётся воздух под давлением $P_0$, после чего включается вибратор с идентичным управляющим сигналом. Далее активируется ПИД-регулирование серворaспределителем.

На вход в ПИД-регулятор подаётся значение сигнала с датчика статического давления, прошедшего предварительную калибровку и фильтрацию. Серворaспределитель поддерживает в сильфоне постоянное давление, нагнетая или сбрасывая давление в зависимости от сигнала ошибки с датчика статического давления.

По окончании работы графики сигналов записываются в память (рис.3), что позволяет провести обработку данных в Excel.

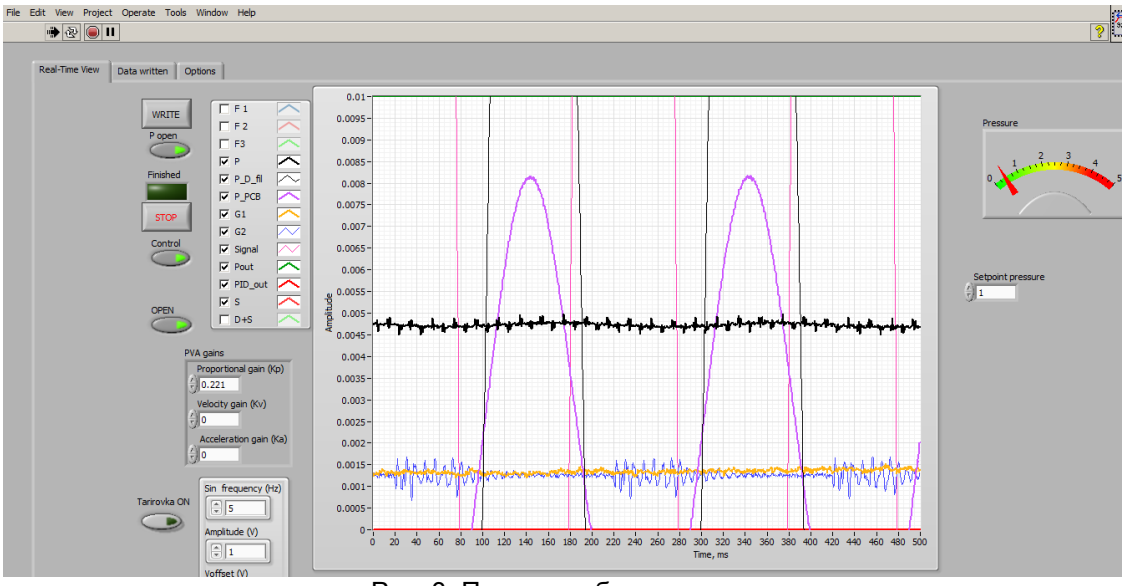



Рис. 3. Пример рабочего окна.

Созданная автоматизированная система позволила провести испытания, в которых сравнивалась эффективность пассивной и управляемой систем виброизоляции. Результаты показали, что разработанная система обладает меньшим коэффициентом передачи вибрации, чем предыдущий прототип с релейным алгоритмом управления.

### 4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система успешна внедрена на испытательном стенде в Самарском национальном исследовательском университете имени С.П.Королёва, г.Самара.

### 5. Список литературы

[1]. Кондрашов С.В., Макарьянц Г.М. Управляемая система виброизоляции с релейным управлением // Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции NIDays-2015, Москва, 2015г., 284-286 с.

[2]. Abakumov, A.M. Control algorithms for active vibration isolation systems subject to random disturbances [Text]/ Abakumov, A.M. Miatov G.N// Journal of Sound and Vibration 289 (2006) 889–907

[3]. Tomonori Kato Active control of a pneumatic isolation table using model following control and a pressure differentiator [Text]/ Tomonori Kato, Kenji Kawashima, Koichi Sawamoto, Toshiharu Kagawa // Precision Engineering 31 (2007) 269–275.

[4]. http://www.ni.com/rio/ – раздел на сайте National Instruments

## CONTROLLED SHOCK ISOLATION SYSTEM GUIDED WITH PID ALGORITHM

S.V.Kondrashov[1], G.M.Makaryants[1]

Samara State University, Samara, Russia

*The article describes the design process of am automated pressure suspension system, allowing the users to maintain the constant sylphon chamber pressure. The control algorithm, coded with the use of a Lab View software package, is thoroughly described along with the basic program units. The test process and output data are explained.*

*Key words: controlled shock isolation system, pneumatic sylphon, cutoff valves, disturbance input*

# УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ТЯГОВЫХ И ТОРМОЗНЫХ СИЛ ЛОКОМОТИВОВ

М.Ю. Кейно, В.В. Заболотный

*ДВГУПС, г.Хабаровск*

*В статье описано устройство контроля продольных сил в тяжеловесных поездах с применением контроллера myRIO производства National Instruments. Предлагаемая измерительная система обеспечивает эффективный контроль тяговых и тормозных сил локомотивов. Приведена структурная схема изделия и описание работы устройства и его программного обеспечения.*

*Ключевые слова: myRIO, тяжеловесный поезд, локомотив, продольные силы, продольная динамика*

## 1. Постановка задачи

Повышение эффективности работы железных дорог России неразрывно связано с ростом массы и длины поездов. Без учета трубопроводного транспорта, железные дороги выполняют 85% перевозочной работы [1]. Новые локомотивы и инновационные вагоны позволяют формировать водить составы массой более 18000 тонн и длиной более 2 км. Рост мощности электровозов и тепловозов привел к тому, что управляемый одним машинистом локомотив может развивать силу тяги, превышающую нормативные значения усилий, прикладываемых к автосцепкам [3]. Традиционные методы контроля параметров работы силового и тягового оборудования локомотивов не позволяют машинисту объективно контролировать уровень сил на автосцепке первого вагона поезда. Измерения таких усилий ранее проводились лишь в ходе опытных поездок с использованием специальной лаборатории – динамометрического вагона. Однако рост продольных сил сделал проблематичным и небезопасным постановку вагонов-лабораторий, созданных на базе пассажирских вагонов, в состав грузового поезда. Следовательно, для решения задачи обеспечения безопасности перевозок при использовании новых, мощных локомотивов необходимо разработать простое, точное и надежное решение, позволяющее объективно оценивать реальные значения сил на автосцепках локомотивов.

На железных дорогах Российской Федерации для соединения между собой единиц подвижного состава, а также для передачи ударно-тяговых и продольных усилий возникающих в поезде используется автосцепное устройство типа СА-3 [2].

Конструктивно автосцепка состоит из корпуса и деталей сцепного механизма. Тяговые усилия передаются через большой и малый зуб автосцепки и далее через хвостовик. Исходя из анализа конструкции автосцепки СА-3, наиболее удобным местом для измерения сил, прилагаемых к межвагонным связям, является хвостовик корпуса автосцепки. Опытным путем и выполненными расчетами в среде твердотельного моделирования было доказано, что при эксплуатации подвижного состава наибольшие деформации возникают именно в хвостовике автосцепки. По результатам измерения этих деформаций можно достоверно судить о величине продольных сил.

На кафедре «Локомотивы» ДВГУПС на базе платформы myRIO производства корпорации National Instruments было разработано устройство контроля продольных сил, позволяющее в оперативном режиме выводить информацию об усилиях на автосцепках локомотивов.

## 9. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для реализации системы выбрана гибридная платформа NI myRIO-1900 [4]. Разработка программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялась в среде программирования NI LabVIEW 2013 с модулем NI LabVIEW myRIO Software Bundle.

В качестве чувствительных элементов использовались акселерометр ADXL345 производства Analog Devices и измерительное устройство с выходом 0..5 В DC, разработанное на кафедре «Локомотивы» ДВГУПС. Коммуникационная подсистема реализована на основе драйверов линии RS-485 Sparkfun Transiver Breakout построенных на основе микросхемы Sipex SP3485.

## 10. Описание решения

Необходимые измерения выполняются на двух крайних автосцепках локомотива с помощью измерительного устройства и гибридного контроллера myRIO-1900. Для отображения информации в кабине машиниста данные передаются по двухпроводной линии RS-485. Для решения задачи определения скорости движения и местоположения локомотива модуль myRIO, находящийся в каждой кабине локомотива, получает поток данных в формате NMEA от спутникового навигационного приемника GPS/ГЛОНАСС. Информация о динамике локомотива поступает по линии $I^2C$ от акселерометра ADXL345. Собранные данные непрерывно записываются на USB-накопитель, подключенный к контроллеру myRIO. Структурно-функциональная схема системы контроля продольных сил представлена на рисунке 1.

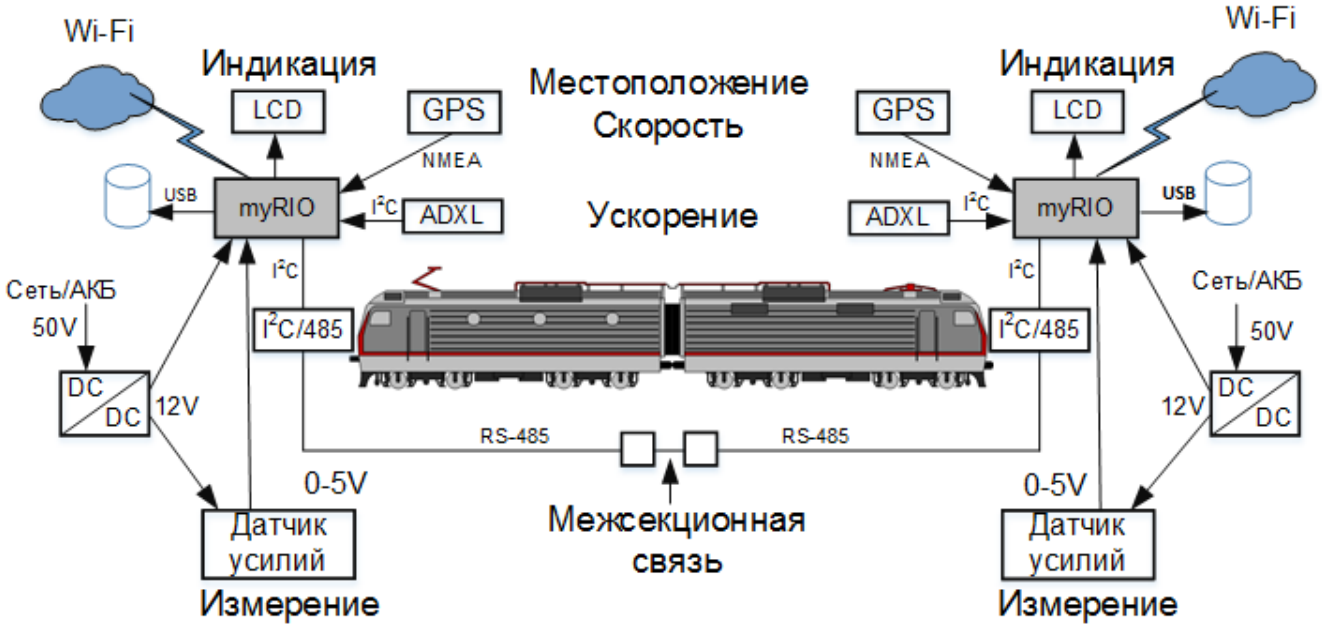



Рисунок 1 – Структурно-функциональная схема системы контроля тягового усилия.

Основной проблемой в измерении продольных сил является наличие двух контуров измерения. С практической точки зрения машинисту необходимо контролировать длительно приложенные усилия, относительно медленно изменяющиеся во времени. Такие усилия, действующие более 2 секунд, называют «квазистатическими». В то же время, с точки зрения безопасности, важно не допускать резких изменений тяговых или тормозных усилий. Динамические реакции приводят к многократному повышению уровня сил, приложенных к корпусу автосцепки вплоть до механического разрушения. Поэтому обработку сигналов от акселерометра и измерительного устройства необходимо выполнять с высокой точностью и скоростью. С учетом того, что время нарастания фронта высокоамплитудного импульса составляет около 0.1 мс, практическая частота измерений аналогового канала должна быть около 200 kS/s. Вывод данных на экран ограничен возможностями оборудования и скоростью восприятия информации машинистом. Фактически, значения динамических реакций менее 0,75 – 0,8 *g* не представляют интереса для машиниста, поэтому пороговое значение для отбора максимального импульса выбрано на уровне 0,8 *g*. При этом, на экран выводится два значения: средняя оценка продольной силы за 2 секунды с частотой обновления 1 секунда и зарегистрированное пиковое значение. Время демонстрации пикового значения составляет 10 секунд с защитным интервалом 4 секунды. Если, по истечении срока защитного интервала, в период демонстрации пикового значения обнаруживается повторное превышение порогового значения, то на экран выводится обновленное значение. Выбор временных параметров обусловлен технологией работы машиниста в наиболее критически важных режимах движения поезда.




Рисунок 2 – Отображение информации на дисплее машиниста.

На основании показаний спутникового навигационного приемника, контроллер myRIO ежесекундно формирует строку записи параметров движения и сохраняет данные на накопитель, подключенный к USB-порту. При заходе локомотива в депо и при проезде зон с технологической беспроводной связью WiFi, контроллер передает сохраненные данные на сервер регистрации. Накопление данных о реальных силах в грузовых поездах позволяет оптимизировать режимные карты вождения поездов, разрабатывать новые схемы формирования поездов, снижать вероятность выхода из строя автосцепок и повышать безопасность движения.

## 4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система мониторинга проходит апробацию на Дальневосточной железной дороге и планируется к внедрению на всем парке мощных локомотивов РЖД.

## 5. Список литературы

[1]. http://utmagazine.ru/posts/10280-ekonomika-rossii-cifry-i-fakty-chast-3-transport. - UTMAG экономика России, цифры и факты.

[2]. http://www.vniiki.ru/document/5486583.aspx – ГОСТ 32885-2014 Автосцепка модели СА-3. Конструкция и размеры

[3]. Костин Г.В. Черкашин Ю.М. Обеспечение безопасного движения вагонов в поездах повышенной массы и длинносоставных // Сборник научных трудов ВНИИЖТ, 1985 С. 54…63.

[4]. http://www.ni.com/myrio/– раздел на сайте National Instruments

## MEASUREMENT SYSTEM FOR TRACTION AND BRAKING FORCES OF LOCOMOTIVES

M.Y. Keyno, V.V. Zabolotny

*Far Eastern State Transport University, Khabarovsk, Russia*

*The article is described the longitudinal forces measurement device for the locomotive's couplers. With hybrid microprocessor platform myRIO from the National Instruments was build compact and useful measurement system. Real-time monitoring of the traction and braking forces on the locomotive couplers provide to engineer reliable information for control the power of locomotive with safety requirements.*

*Keywords: myRIO-1900, locomotive, heavy haul trains, measurement, longitudinal forces*

# СЕКЦИЯ «НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ»

## АВТОМАТИЗАЦИЯ СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СВЕТОВОЗВРАЩАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ ИК ДИАПАЗОНА

Ю.В. Федотов, Р.О. Степанов, В.А. Лебедев, П.А. Филимонов, Д.Н. Родин

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г.Москва*

*В статье рассмотрены решения по автоматизации стенда для измерения световозвращательных характеристик оптико-электронных приборов ИК диапазона. Приведена структурная схема стенда и описано его функционирование. Уделено внимание программному обеспечению стенда.*

*Ключевые слова: световозвращательные характеристики, ИК диапазон, автоматизация, измерительное оборудование, лазер, программное обеспечение.*

### 1. Постановка задачи

Активная лазерная локация оптико-электронных приборов (ОЭП) позволяет обнаруживать скрытые ОЭП, которые могут использоваться в частности для ведения несанкционированного наблюдения за различными объектами. Обнаружение замаскированных ОЭП осуществляется путем получения и анализа характеристик ретроотраженного лазерного излучения [1]. При этом способность ОЭП ретроотражать зондирующее лазерное излучение характеризуется световозвращательными характеристиками (СВХ). Определяющей характеристикой является показатель световозвращения (ПСВ), который показывает, как переизлучает область зрачка единичной площади в пределах единичного телесного угла. Другими важными характеристиками являются индикатриса ретроотраженного излучения и пеленгационная характеристика – зависимость ПСВ от угла между оптической осью ОЭП и направлением падения зондирующего излучения.

В последнее время во многих перспективных системах нашли применение ОЭП, работающие в среднем (от 3 до 5 мкм) и длинноволновом (от 8 до 14 мкм) ИК диапазонах спектра. В связи с этим становится актуальной задача разработки оборудования позволяющего измерять СВХ ОЭП в среднем и длинноволновом ИК диапазонах спектра.

Для регистрации СВХ ОЭП может быть использован метод относительных измерений, который основан на сравнении двумерных распределений интенсивности оптических сигналов, отраженных от исследуемой ОЭП и эталонного световозвращателя, при одинаковых условиях подсвета.

Метод относительных измерений СВХ ОЭП подразумевает смену в процессе измерения исследуемого ОЭП на эталонный световозвращатель, что требует последующую юстировку. Кроме того излучение в процессе измерения последовательно регистрируется матричным фотоприемником и измерителем мощности. Для регистрации пеленгационной характеристики ОЭП должен в процессе измерения поворачиваться вокруг своей оси. Проведение измерений СВХ ОЭП в среднем и длинноволновом ИК диапазонах спектра может быть осуществлено за счет смены источника излучения (лазера). Таким образом, проведение измерений СВХ ОЭП связано с большим числом перемещений компонентов оборудования и последующих юстировок, которые осложнены невидимостью зондирующего излучения человеческим глазом.

Для сокращения времени регистрации СВХ ОЭП и повышения точности и воспроизводимости результатов предлагается автоматизировать процесс проведения измерений.

Данная статья посвящена автоматизации стенда для проведения измерений СВХ ОЭП в среднем и длинноволновом ИК диапазонах спектра.

### 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для автоматизации стенда использовалась многофункциональный модуль ввода вывода NI USB-6341, модули линейного перемещения (МЛП), оснащенные сервоприводами Сервотехника СПШ20-23017, моторизованные поворотная и наклонно-поворотная платформы фирмы Станда. Программное обеспечение создавалось в среде графического программирования NI LabVIEW 2012.

### 3. Описание решения

Структурная схема стенда для измерения СВХ ОЭП в среднем и длинноволновом ИК диапазонах спектра представлена на рис. 1. В установке используется три источника излучения: $CO_2$ лазер с длиной волны 10,6 мкм для измерения СВХ и длинноволновом ИК диапазоне;

полупроводниковый лазер с длиной волны 4 мкм для измерения СВХ и средневолновом ИК диапазоне; и полупроводниковый лазер с длиной волны 0,53 мкм для юстировки элементов стенда.

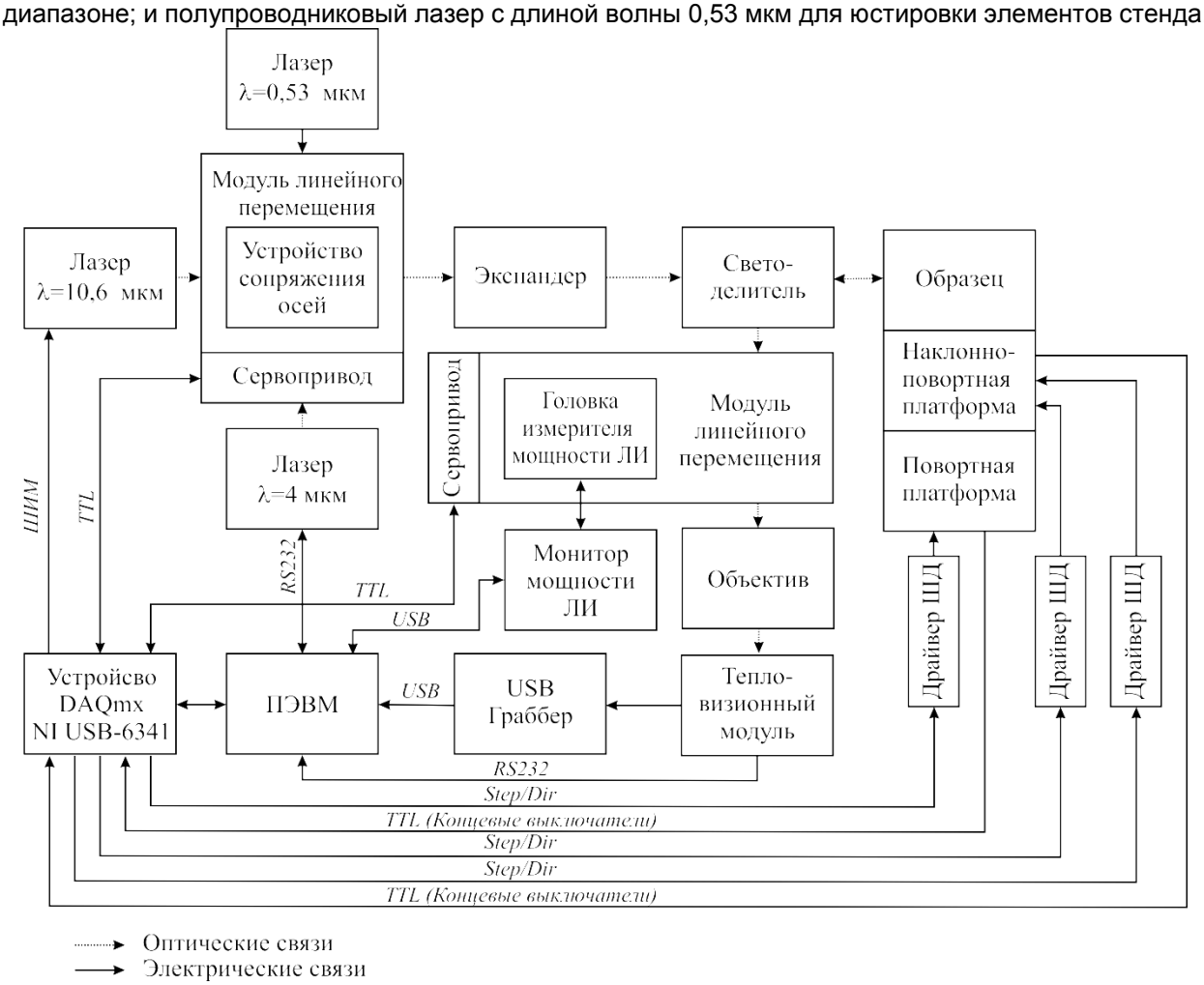



Рис. 1. - Структурная схема стенда для измерения СВХ ОЭП

Выбор источника излучения осуществляется с помощью устройства сопряжения оптических осей установленного на МЛП Сервотехника СТМ-2, перемещаемый сервоприводом Сервотехника СПШ20-23017. МЛП СТМ-2 в сочетании с сервоприводом СПШ20-23017 обеспечивает высокую точность позиционирования в сочетании с высокой угловой стабильностью полезной нагрузки. Управление сервоприводом осуществляется с помощью двух логических линий, с помощью которых кодируется требуемое положение МЛП, сервопривод на две другие логические линии выдает закодированную информацию о текущем положении МЛП.

Экспандер осуществляет расширение пучка лазерного излучения (ЛИ), после экспандера излучение попадает на светоделитель, который разделяет зондирующий и ретроотраженный пучки. Ретроотраженное излучение направляется на приемники излучения. В качестве приемников излучения используются: матричный фотоприемник – тепловизионный модуль Термофрейм-М, служащей для регистрации углового распределения интенсивности излучения; измеритель мощности ЛИ (измерительная головка Standa 11XLP12 и монитор мощности ЛИ Gentec-EO P-LINK), служащий для измерения абсолютной величины мощности ЛИ. Смена приемника излучения осуществляется путем временного введения в лазерный пучок головки измерителя мощности ЛИ, установленной на МЛП Сервотехника МР-80. Перемещение МЛП осуществляется сервоприводом Сервотехника СПШ20-23017.

Исследуемый образец или эталонный световозвращатель устанавливаются на моторизированную наклонно-поворотную платформу Standa 8MTP116, с помощью которой осуществляется автоматизированная юстировка положения. Наклонно-поворотная платформа в свою очередь устанавливается на поворотную платформу Standa 8MR190-90, которая осуществляет поворот образца для измерения пеленгационной характеристики. Исполнительными элементами поворотной и наклонно-поворотной платформ являются шаговые двигатели (ШД). Управление ШД осуществляется с использованием интерфейса Step/Dir. Сигналы Step/Dir подаются на драйверы ШД, которые формируют токовые импульсы, подаваемые на катушки ШД.

Для формирования последовательности импульсов интерфейса Step/Dir использовались цифровые выходы с аппаратной синхронизации многофункционального модуля ввода-вывода DAQmx NI USB-6341. Использование выходов с аппаратной синхронизацией позволяет реализовать плавный разгон и торможение ШД, без применения специализированных контроллеров управления движением. Плавный разгон и торможение очень важны при высокоточных перемещении оптических элементов.

При разработке программного обеспечения (ПО) стенда особое внимание уделялось алгоритмам управления оборудованием и проведения измерений, а также графическому интерфейсу пользователя (ГИП), что в сочетании обеспечивает простоту управления сложным оборудованием, надежность и вспроизводимость результатов измерений. Внешний вид ГИП ПО автоматизированного стенда для проведения измерений СВХ ОЭП в среднем и длинноволновом ИК диапазона представлен на рис. 2.

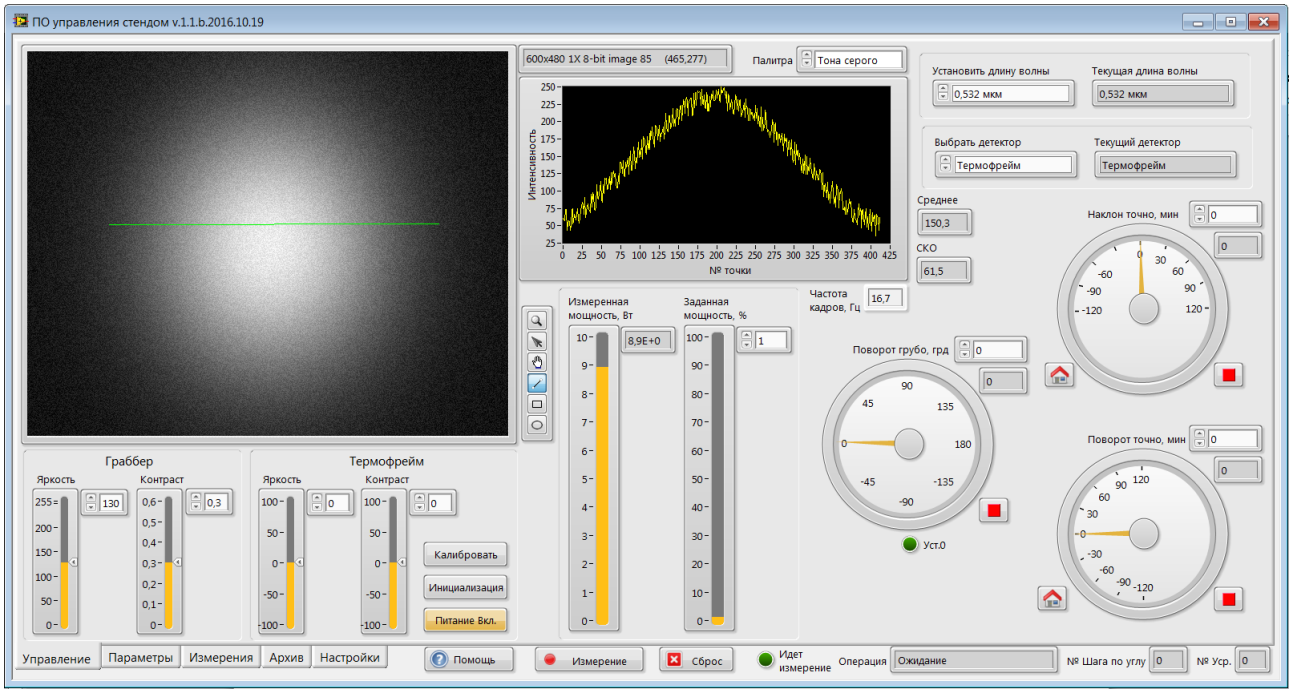



Рис. 2. ГИП ПО стенда для измерения СВХ ОЭП в среднем и длинноволновом ИК диапазонах

## 4. Внедрение и его перспективы

Разработанный автоматизированный стенд для измерения СВХ ОЭП в среднем и длинноволновом ИК диапазонах спектра предполагается использовать при проведении научно-исследовательских работ в НИИ РЛ МГТУ им. Н.Э. Баумана.

## 5. Список литературы


[1]. Животовский И.В. Разработка и исследование лазерно-электронной системы измерения энергетических световозвращательных характеристик оптико-электронных приборов: Дис. канд. техн. наук. Москва. 2005. 473 с.


### AUTOMATION OF EXPERIMENTAL SETUP FOR MEASUREMENT OF RETRO-REFLECTIVE CHARACTERISTICS OF OPTOELECTRONIC DEVICES IN IR RANGE


Yu.V. Fedotov, R.O. Stepanov, V.A. Lebedev, P.A. Filimonov, D.N. Rodin

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*



*Automation of experimental setup for measurement of retro-reflective characteristics of optoelectronic devices in IR range is described. Block diagram of the experimental setup is given. Operation of the setup are described.*



*Keywords: retro-reflective characteristics, IR region, automation, experimental setup, laser, software.*

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА НА БАЗЕ RASPBERRY PI 3 СОВМЕСТНО С ARDUINO DUE

Р.В.Онуфриенко, А.С.Зосимук, С.А.Коваль

*ФВА РВСН им. Петра Великого, г.Серпухов, Московская обл.*

*В статье рассматривается процесс создания автоматизированной лабораторной установки созданной на базе платформ Raspberry Pi 3 & Arduino DUE. Приведена развернутая схема объекта исследований, указаны его основные блоки. Описан процесс испытаний, приведены описания исследуемых характеристик, программного обеспечения и пример отчёта.*

*Ключевые слова: Raspberry Pi 3, автоматизированная работа, плоская волна, Treme-01-(M), испытания аппаратуры, совместная работа платформ, LabVIEW.*

## 1. Постановка задачи

В настоящее время использование платформ, оснащенных микроконтроллерами стало очень популярным. Это обосновывается несколькими факторами:

1. Доступность микроконтроллеров как для простых пользователей, так и для юзеров уровня – программист;
2. Низкая стоимость доступного сырья (микросхемы, платы, различные котроллеры, микродвигатели, элементы питания, дисплеи различного функционала, ЖКИ, начиная от индикаторных, заканчивая сенсорными LCD-дисплеями);
3. Простотой использования (в наши дни можно встретить множество конструкторов для начинающих программистов, которые включают в себя целый комплекс компонентов для создания собственных изобретений, практически любой произвольной сложности не прибегая к сложным математическим вычислениям.
4. Простотой написания программ для работы платформ, с возможностью выбрать примеры из базовой программы.

Для работы использовал две различные платформы. Изначально исследования проводил на платформе Arduino DUE, так как был проявлен интерес к программированию микроконтроллеров самостоятельно. Думаю, каждый себя уважающий программист начинал с малого, так сказать «из двух зол выбираем наименьшее, не забывая, что выбрали зло». Исследования проводились ежедневно, так как жажда к знаниям и желание запустить очередную собранную установку было бешенное. Спустя несколько месяцев после десятка успешных работ с Arduino, прочитал в одном из журналов о возможности совместной работы Arduino и Raspberry Pi. Интерес к данному вопросу возрос до небывалых высот. Не прошло и двух недель, как на столе лежала свежая запечатанная коробочка Raspberry Pi 3. Далее исследования проводились в тандеме. Комбинировал все возможные варианты использования платформ совместно. Для работы так же использовались RFID-карты. На них с помощью программатора записывается код. При непосредственной близости карты и считывателя – происходит обмен данными, в результате которого на собранной автоматизированной установке запускается именно так «лабораторная работа», которой соответствует считанный с RFID-карты код. Безусловно были как ошибки, так и положительные моменты. Для программирования пришлось изучить несколько новых языков. Разные системы требовали свой особенный подход. Нередко приходилось ночами переписывать программы для записи в микроконтроллера. Однако, используя подручную литературу, приходил к желанному результату.

Работа посвящена созданию автоматизированной установки, разработанной на основе платформ Raspberry Pi 3 & Arduino DUE и их совместной работе с LabVIEW.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2012, с модулем NI LabVIEW Real Time 8. Для реализации системы была использована платформа Raspberry Pi 3 & Arduino DUE с сенсорным жидко кристаллическим дисплеем.

**3. Описание решения**

Структурная схема системы мониторинга на рис. 1.

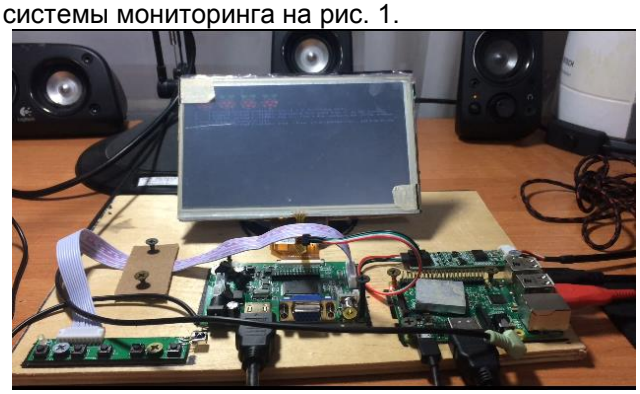


Рис. 1. Структурная схема установки Treme-01-(M).

На рисунке 1 представлены: 1 – жидко кристаллический дисплей; 2-платформа Raspberry Pi 3; 3- схема подключения LCD; 4-контроллер LCD.

Объект исследования – платформа Raspberry Pi 3 (2) Raspberry Pi 3 поддерживается стандартным набором операционных систем, в том числе Raspbian (официальным вариантом Debian), а также Debian Wheezy, Ubuntu MATE, Fedora Remix.

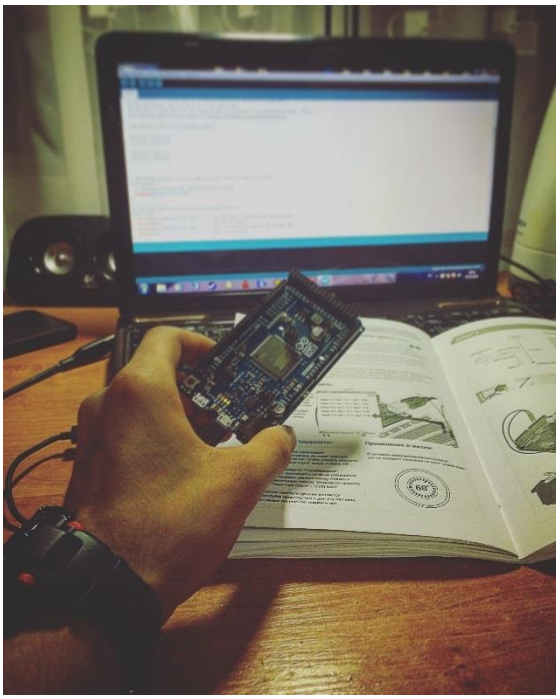


Рис. 2. Arduino DUE.

Платформа Arduino DUE подключается к платформе Raspberry Pi 3 так как это было бы с обычным персональным компьютером через miniUSB (Arduino DUE) к USB (Raspberry Pi 3).

На RFID-карты с помощью программатора записывается код. При непосредственной близости карты и считывателя – происходит обмен данными, в результате которого на собранной автоматизированной установке запускается именно так «лабораторная работа», которой соответствует считанный с RFID-карты код.

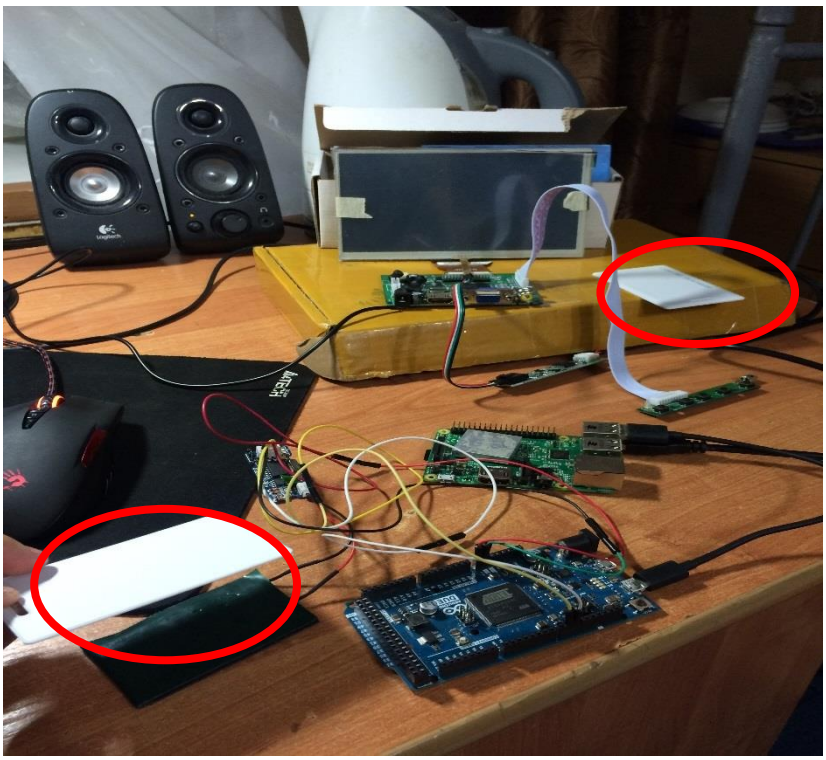


Рис. 3. RFID-карты.

В процессе разработки использовалась виртуальная среда программирования LabVIEW, посредствам которой были созданы программные продукты, выполненные с расширением (EXE). Именно эти приложения и запускаются на платформе Raspberry Pi 3 с операционной системой Windows_10_IoT_Core.

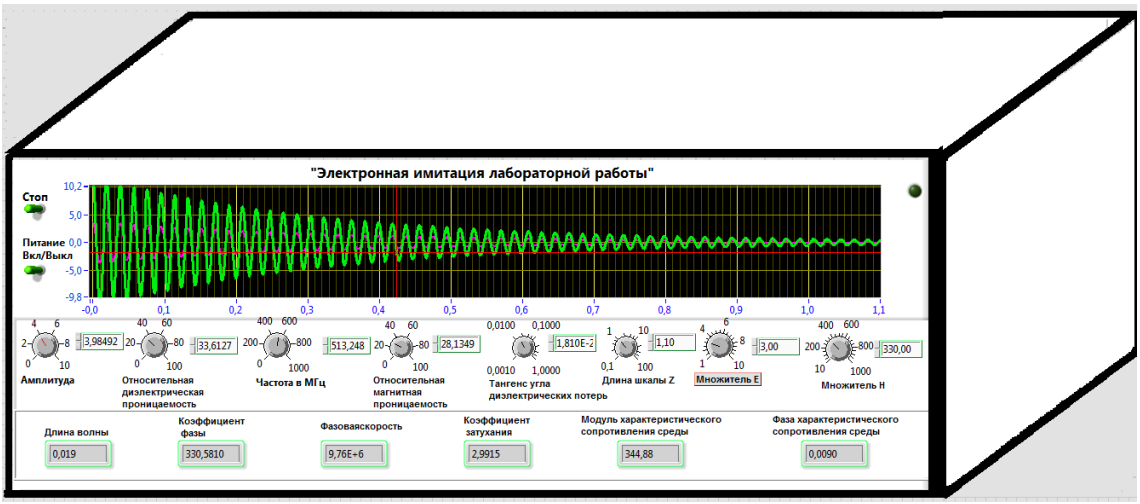



Рис. 4. Виртуальная установка по исследованию плоских электромагнитных волн.

Рис. 4. Пример отчета.

Созданная автоматизированная установка успешно заменила существующий тренажер с использованием дорого сырья и большого количества контроллеров и сопутствующего оборудования. Это позволило существенно ускорить процесс проведения испытаний и повысить качество результата, а также позволит малобюджетным учебным учреждениям приобрести достойный тренажер.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная автоматизированная установка успешно внедрена в учебный процесс ФВА РВСН им. Петра Великого, а также использовалась в Институте Инженерной Физики и МАИ

базирующихся в г. Серпухов (142210). Планируется создание серии аналогичных автоматизированных установок.

**5. Список литературы**


[1]. Джеффри Тревис LabVIEW для всех: пер. с анг. Клушин Н.А. – М.: ДМК Пресс; ПриборокомплектЪ, 2005.
[2]. Евдокимов Ю.К., Линдваль В.Р., Щербаков Г.И. LabVIEW 8 для радиоинженера. От виртуальной модели до реального прибора + CD.
[3]. Евдокимов Ю.К.: LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. - М.: ДМК Пресс, 2007.
[4]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments


**AUTOMATED LABORATORY INSTALLATION ON THE BASIS OF 3 RASPBERRY PI IN CONJUNCTION WITH ARDUINO DUE**


R. V. Onufrienko, A. S., Zosimus, S. A. Koval

1.Of FVA strategic missile forces to them. Peter the Great, Serpukhov, Moscow region



The article discusses the process of creating an automated laboratory setup created on the platform 3 Raspberry Pi & Arduino DUE. Article gives a scheme of the research object, are its main blocks. Describes the process of testing descriptions of the studied characteristics, of the software and a sample report.



Keywords: Raspberry Pi 3, automated operation, plane wave, Treme-01-(M), equipment tests, collaboration platforms, LabVIEW.

# АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАКЕТОМ ЛИНИИ СОРТИРОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ

А.С. Егоров, В.Ю. Сухоруков

*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»*

*В статье рассматривается процесс создания автоматизированной системы управления макетом линии сортировки сельскохозяйственной продукции на основе применения оборудования «myRIO» фирмы National Instruments. Анализ продукции производится с помощью системы технического зрения, разработанной с использованием модулей NI Vision Development Module и NI Vision Acquisition.*

*Ключевые слова: myRIO-1900, сортировка продукции, техническое зрение, Vision Development Module*

## 1. Постановка задачи

Техническое зрение используется для решения задач измерений и контроля в ситуациях, когда более простые технологии являются недостаточными. Основными факторами использования технического зрения в сельском хозяйстве и пищевой промышленности являются [1]:

1) улучшение качества продукции;
2) увеличение выхода продукции;
3) уменьшение потерь от обработки дефектной продукции;
4) уменьшение числа персонала, выполняющего монотонную ручную работу.

Работа посвящена созданию автоматизированной системы управления макетом линии сортировки продукции на основе применения оборудования myRIO-1900 фирмы National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2014 с модулями NI Vision Development Module, NI myRIO и NI LabVIEW Real-Time Module. Для реализации системы управления и подсистемы технического зрения была использована платформа NI myRIO-1900 [2] с подключенной к ней веб-камерой. В качестве макета системы сортировки использовались конвейерные линии с датчиками и исполнительными устройствами [2].

## 3. Описание решения

Структурная схема автоматизированной системы управления представлена на рис. 1.

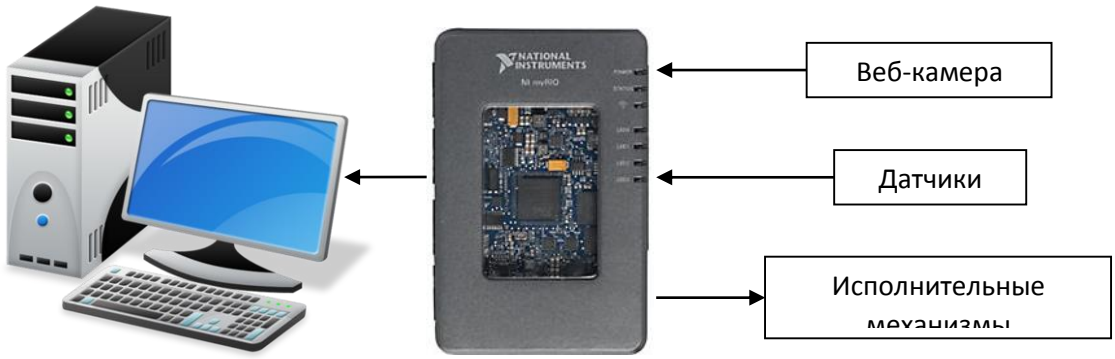



Рис. 1. Структурная схема системы.

Сигналы с датчиков макета передаются на устройство myRIO и используются для запуска конвейеров линии сортировки в нужные моменты времени, отслеживания конечных положений толкателей, остановки линии в случае отсутствия продукции в контейнере. Используются следующие датчики: механические концевые выключатели, датчики индуктивности, датчики магнитного поля, оптический датчик расстояния.

Исполнительные механизмы представляют собой двигатели постоянного тока, приводящие в движение конвейеры и толкатели макета.

Для получения изображений сортируемой продукции используется веб-камера с разрешением 1280x720 точек.

Сортируемая продукция представляет собой 4 объекта, промаркированных определенным цветом. Так как в системе используется 2 толкателя, количество цветов продукции было выбрано также 2. В зависимости от цвета объекта работает тот, или иной толкатель. Макет линии представлен двумя стендами, показанными на рис. 2.

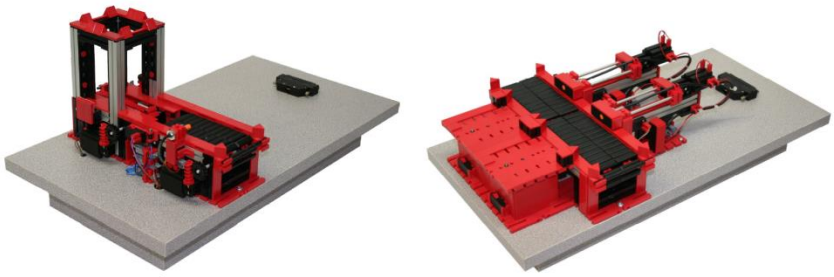


Рис. 2 Состав макета.

Для реализации системы технического зрения были использованы модули NI Vision Development Module и NI Vision Acquisition. В системе используются функции Color Learn для задания используемых цветовых оттенков и Color Match для проверки цвета объекта. Скриншот программы в процессе анализа изображения представлен на рис. 3.

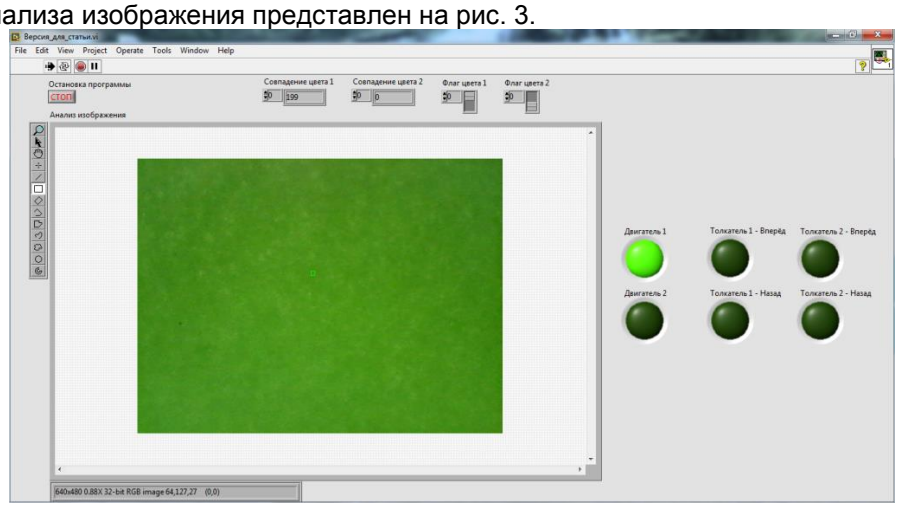



Рис. 3. Скриншот работы программы.

IBM-совместимый персональный компьютер используется только для контроля работы системы. Все функции по обработке изображений, приему и обработке сигналов с датчиков и управлению исполнительными устройствами выполняет платформа myRIO.

Создание описанной автоматизированной системы позволяет студентам как применять уже полученные знания в области теории автоматического управления, так и обучаться принципам построения систем технического зрения. Простота графического программирования в LabVIEW и наличие большого количества примеров существенно ускоряет данный процесс.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная система применяется для обучения студентов направления «Мехатроника и робототехника» построению систем технического зрения и автоматизированных систем управления. Планируется применить данную систему для работы в условиях реальной сортировки сельскохозяйственной продукции. Работа выполнена при поддержке Минобрнауки в рамках Соглашения №14.577.21.0214 (ПНИЭР RFMEFI57716X0214).

**5. Список литературы**

[1]. Computer vision technology in the food and beverage industries. Edited by Da-Wen Sun. – Woodhead Publishing, 2012.
[2]. http://www.ni.com/myrio/ – раздел на сайте National Instruments
[3]. http://www.staudinger-est.de/en/simulation/combination-models/

**AUTOMATED CONTROL SYSTEM OF AGRICULTURAL PRODUCTS SORTING**

A.S. Egorov, V.Yu. Sukhorukov

*Tambov State Technical University, Tambov, Russia*

*The article discusses the creation of automated control system of agricultural products sorting on the basis of "myRIO" modules of National Instruments corporation. Product analysis is performed by machine vision system developed using NI Vision Development Module and NI Vision Acquisition.*

*Keywords: myRIO-1900, product sorting, machine vision, Vision Development Module.*

# АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АКУСТООПТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ

А.М. Бобрешов, И.С. Коровченко, А.В. Олейников, В.А. Степкин, А.С. Толстиков

*ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж*

*В статье рассматривается процесс создания автоматизированного измерительного комплекса для исследования акустических и электрических свойств акустооптического преобразователя на основе использования программного комплекса LabVIEW фирмы National Instruments. Приведена развёрнутая схема объекта исследований, указаны его основные блоки. Описан процесс проведения измерений, определён тип характерного вида сигнала, программного обеспечения и пример графических результатов.*

*Ключевые слова: САПР, дифракция Брэгга, автоматизация эксперимента, LabVIEW, акустооптическая ячейка, расчет интенсивности, обработка пространственного спектра, полоса пропускания, обработка изображений.*

**Постановка задачи**

Акустооптический преобразователь является наиболее важной и сложной частью устройств оптической обработки информации. От характеристик преобразователя зависят основные параметры данного типа устройств, такие как ширина полосы, эффективность преобразования, требуемые углы падения оптического излучения. Выращивание кристалла, а также последующее подключение пьезопреобразователя, осуществляющего переход энергии электрического сигнала в энергию акустической волны, требуют соблюдения высочайшей точности. Теоретически возможно рассчитать параметры будущего акустооптического преобразователя, однако, такие неточности, как например, неправильный подбор согласующего элемента или дефекты кристаллической решётки, способны их значительно изменить [1, 2]. В связи с этим при разработке и создании акустооптических устройств важной задачей является определение и проверка параметров акустооптических преобразователей. Задача сложна сама по себе, из-за сложности самого акустооптического эффекта, при котором происходит дифракция световой волны на акустическом пучке, распространяющемся внутри оптически прозрачного материала, высоких количественных и качественных требований к проведению эксперимента. Перспективным способом исследования параметров акустооптических преобразователей является автоматизация проведения эксперимента, сбора данных и обработки результатов.

Работа посвящена созданию автоматизированного измерительного комплекса для исследования акустических и электрических свойств акустооптического преобразователя на основе использования программного комплекса LabVIEW фирмы National Instruments

**Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 13.0f2 с модулем NI Vision Acquisition.

**Описание решения**

Блок схема системы автоматизированных исследований приведена на рис.1

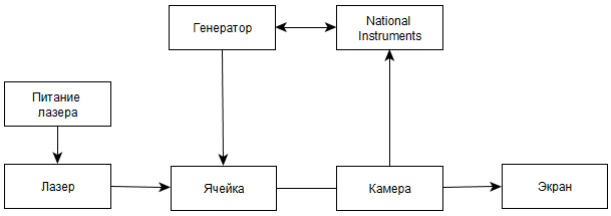



Рис. 1 Блок схема системы

Объект исследования — оптический кристалл, на одну из граней которого нанесён пьезоэлектричексий преобразователь. Его принцип действия основан на преобразовании аналоговых электрических сигналов в акустическую волну. По интенсивности излучения в выходной плоскости можно судить о параметрах используемого сигнала, а в случае, если они известны— о параметрах акустооптического преобразователя [3]. В выходной плоскости установлена камера, фиксирующая дифракционную картину и передающую её посредством USB кабеля в блок обработки, представляющий из себя персональный компьютер с вычислительным комплексом на

основе LabVIEW. Программа также позволяет управлять параметрами генератора посредством локальной сети (Ethernet). Следует добавить, что характеристики сигнала генератора определяют дифракционную картину в выходной плоскости акустооптического преобразователя. Такая схема позволяет автоматизировать проведение эксперимента, сбор и обработку данных.

В процессе исследования происходит обработка распределение интенсивности в дифракционной картине для различных значений частоты генератора и различных углов падения оптического излучения. Суммируя полученный ансамбль спектров интенсивности для различных углов падения, каждый из которых подобен изображённому на рис. 2, можно получить такие важные параметры акустооптического преобразователя, как амплитудно-частотная характеристика пьезопреобразователя, угол дифракции и скорость распространения акустической волны.

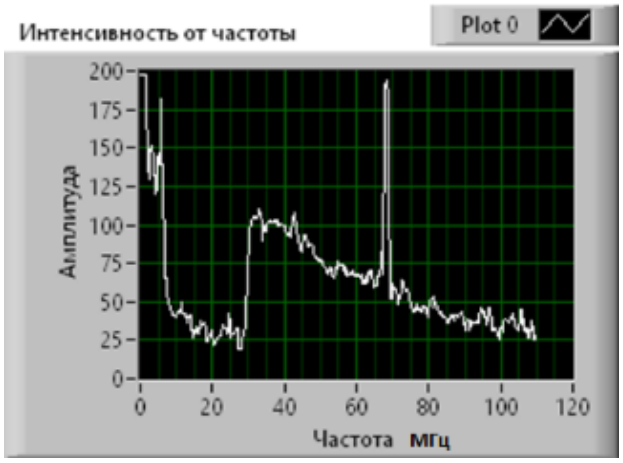



Рис. 2 Зависимость интенсивности в выходной плоскости от частоты генератора

По окончании работы система выдаёт значения искомых параметров, в том числе амплитудно-частотную характеристику, изображённую на рис.3.




Рис. 3 Пример выходных данных

Созданная автоматизированная система успешно заменила существующую систему на базе настольных приборов. Это позволило существенно ускорить процесс проведения эксперимента и анализа результатов.

**Внедрение и перспективы**

Разработанная система используется на кафедре “Электроники” в ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет». Планируется увеличение функционала данной установки, путём увеличения количества измеряемых параметров и используемых методов. Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 16-42-360381 р_а).

**Список литературы**

[1]. Mason W. P. Physical Acoustics: Principles and Methods Volume VII / W. P. Mason, R. N. Thurston // – Acad. Press, 1970. –430 с.

[2]. Дьелесан Э. Упругие волны в твердых телах. Применение для обработки сигналов / Э. Дьелесан, Д. Руайе // –М : Наука, 1982. – 424 с.

[3]. Оптические процессы в анизотропных кристаллах: учеб. пособие / под ред. В. В. Криштопа. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2012. – 131 с.

## AUTOMATED MEASUREMENT COMPLEX FOR RESEARCHING ACOUSTIC AND ELECTRIC CHARACTERISTICS ACOUSTO-OPTICAL MODULATOR

A.M. Bobreshov, I.S. Korovchenko, A.V. Oleynikov, V.A.Stepkin, A.S.Tolstikov

*Voronezh State University,Voronezh, Russia*

*The article discusses the creations of automated measurement complex for researching acoustic and electric characteristics acousto-optic modulator. Describes the process of application CAE LabVIEW of National Instruments corporation. Refer deployed object diagram studies indicated its basic building blocks. Describes the testing process, the descriptions of the characteristic form of the signal, software, and sample graphic report.*

*Keywords: CAE, CAD, Bragg diffraction, automated experiment control system, LabVIEW, acousto-optical modulator, calculation of intensity, frequency spectrum processing, band pass, image processing.*

# ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СУППОРТА СТАНКА С ЧПУ В УСЛОВИЯХ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ

В.В.Максаров, Р.В.Вьюшин

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

*На базе современных компьютерных технологий разработана виртуальная модель для исследования и контроля неравномерности перемещения инструмента станка с ЧПУ. В работе реализован механизм развития автоколебаний релаксационного характера, возникающих при малых скоростях перемещения. Показано, что использование технологии виртуальных приборов позволяют с достаточной степенью точности предсказывать поведение механических систем.*

*Ключевые слова:* релаксационные автоколебания, динамическая модель, точность траектории, технологическая система, механическая обработка.

## 1. Постановка задачи

При изготовлении прецизионных деталей, важнейшим условием получения высокого качества обрабатываемой поверхности является обеспечение устойчивости процесса резания [1]. При анализе динамических свойств технологической системы механической обработки (ТСМО), как правило, не учитываются неравномерности перемещения инструмента, вызванные процессами трения в направляющих, проведением интерполяции, переходными процессами и спецификой осуществления движения шаговыми двигателями.

Это позволяет выделить актуальную проблему создания адекватной виртуальной модели процесса движения исполнительных органов станка с ЧПУ.

При решении подобного рода задач возникают трудности математического описания переходов процессов в состояния, описываемые отличающимися методами. Это создает трудности моделирования в традиционно используемых для подобных задач системах, например, MathLab.

Целью настоящей работы является разработка средств моделирования в реальном времени колебательных процессов, возникающих при осуществлении рабочих перемещений инструмента станка с ЧПУ и обусловленных нелинейностью процесса трения в граничных условиях, на базе компьютерных технологий виртуальных приборов фирмы NationalInstruments (NI).

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Исследования проводились с использованием виброанализатора VIBXPERTII, среды программирования NI LabVIEW 2014, Control Design and Simulation Module 2014, Math Script RT Module 2014, OMNITREND.

## 3. Описание технического решения

За основу решения поставленной задачи была взята теория полужидкостного трения, разработанная В.А. Кудиновым[2], основанная на предположении, что при движении смазкой формируются микроклинья, суммарное действие которых образует подъемную силу. Сила трения является суммой силы сухого трения и сил вязкого сопротивления смазки, с ростом скорости движения увеличивается подъемная сила, что вызывает уменьшение составляющей сухого трения.

Модель разделяет два состояния системы: схватывание и скольжение. Условие "схватывания" наступает, если скорость ползуна равна нулю, а усилие в приводе недостаточное для преодоления силы трения покоя. Как только усилие в приводе превышает силу трения покоя, наступает фаза "скольжения", характеризуемая следующей системой уравнений:

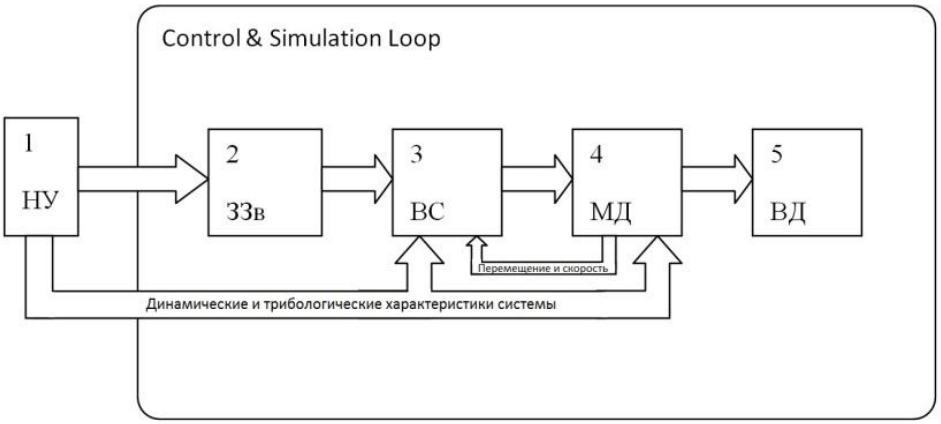
$$\begin{cases} m\ddot{x} + b_x\dot{x} + c_x x = c_x x_п + b_x\dot{x}_п - F; \\ b_1\dot{F} + F = F_o - b\dot{x} + b_2\ddot{x}, \end{cases}$$

где $m$ - масса суппорта, $x$, $x_п$ - перемещение суппорта и привода, $c_x$, $b_x$ - коэффициенты жесткости и демпфирования привода, $F$ - сила трения, $F_o$ - сила трения в момент начала движения, $b$ - коэффициент подъемной силы "микроклиньев", $b_1$, $b_2$ - коэффициенты вязкого сопротивления.

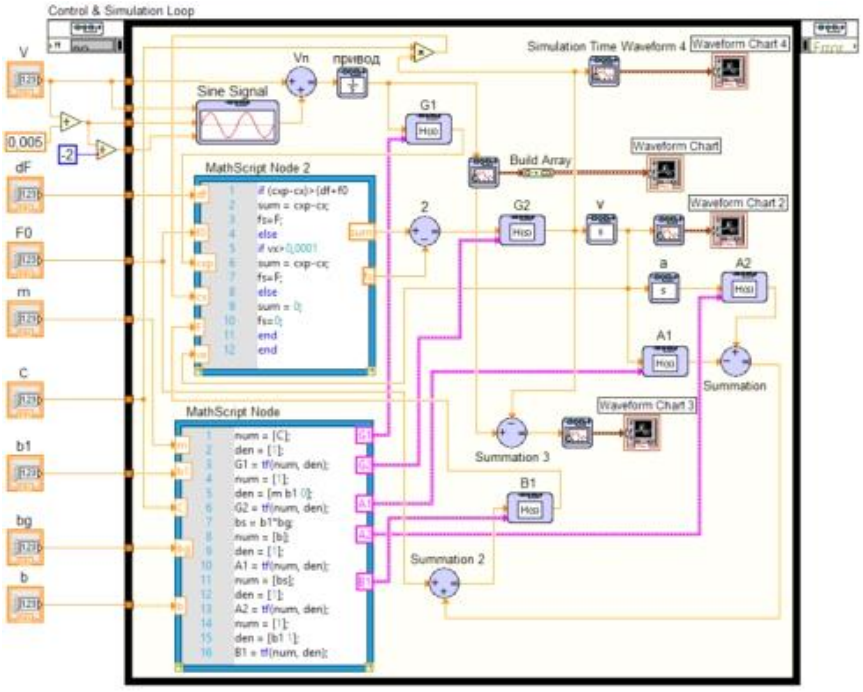
Структурная схема модели представлена на рис. 1а, функциональная на рис. 1б.

Принцип работы модели заключается в следующем:в НУ задаются динамические и трибологические характеристики системы, а также характеристики работы привода, ЗЗв. Параметры передаются в цикл моделирования структурных схем передаточных функций. Блок ЗЗв осуществляет расчет перемещения привода: $x_п$, $\dot{x}_п$, $\ddot{x}_п$, блок ВС производит переключение между

фазами скольжение/схватывание и передает соответствующее возмущение передаточной функции, характеризующей перемещение суппорта МД.




*а)*




*б)*

Рис. 1. Виртуальная модель перемещения инструмента *а)* структурная схема;*б)* функциональная схема, где 1 - начальные условия (НУ); 2 - задающее звено (ЗЗв); 3 - блок определения состояния системы (ВС); 4 - передаточная функция перемещения (МД); 5 - выходные данные (ВД)

Исследования результатов моделирования показали, что модель способна рассчитать отклонение движения суппорта от равномерного, позволяет оценить реакцию системы на изменения характеристик смазочного материала и настроек шагового двигателя, корректно осуществляет переход от релаксационных автоколебаний к гармоническим фрикционным автоколебаниям.

Сравнение данных, с экспериментальными данными, рис. 2 и рис. 3, полученными на токарном станке Pico-TurnCNC при заданной скорости движения вдоль оси ***OZ***: 1,67 мм/с, показало совпадение характерных участков, однако, верхние границы отклонения скорости отличаются, что может быть вызвано как допущениями математической модели, так и неточностью исходных параметров, т.к. они соответствуют применяемым в подобных узлах материалом, а не конкретному станку.

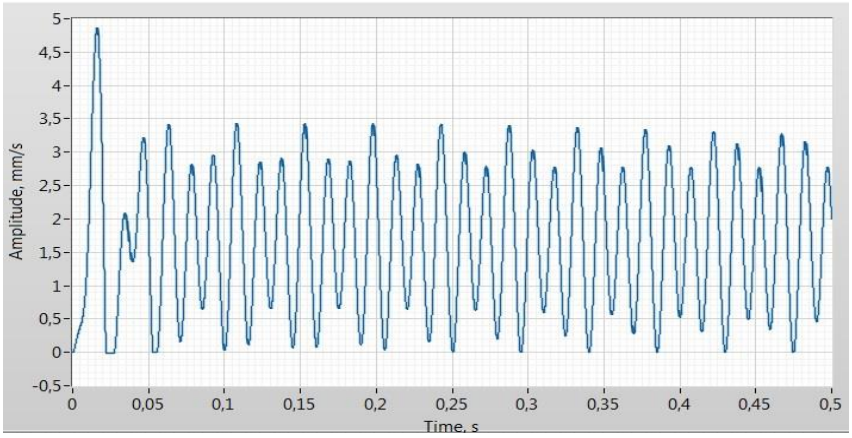



Рис. 2 Фактическая скорость перемещения суппорта вдоль оси ***OZ*** при заданной скорости 1,67 мм/с, расчетная

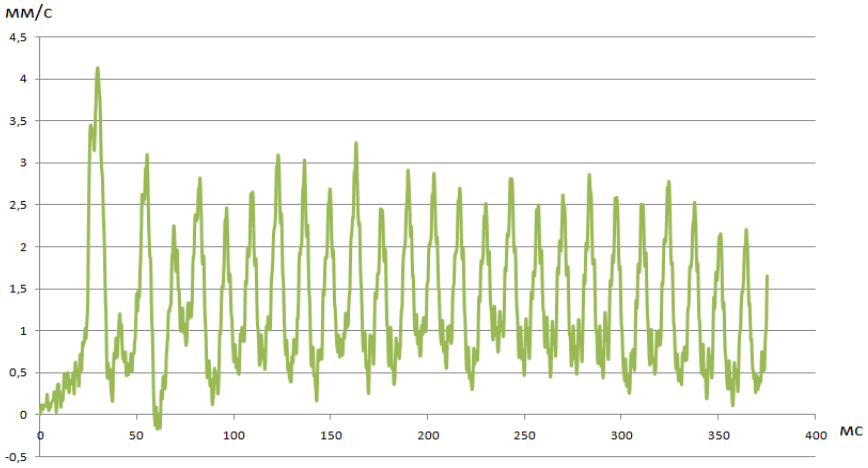



Рис. 3 Фактическая скорость перемещения суппорта вдоль оси ***OZ*** при заданной скорости 1,67 мм/с, экспериментальная

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная виртуальная модель используется для определения точности обработки траектории испонительных органов станка с ЧПУ и расчета границ области устойчивости ТСМО на этапе переходных процессов.

**5. Список литературы**

[1]. Вейц В.Л. Динамические процессы, оценка и обеспечение качества технологических систем механической обработки.-Иркутск: Изд-во ИрГТУ, 2001. – 299с.

[2]. Кудинов, В. А. Динамика станков / В. А. Кудинов. – М.: Машиностроение, 1967. – 359 с.

## VIRTUAL SIMULATION OF CNC MACHINE SLIDE MOVING CALIPER IN BOUNDARY FRICTION CONDITION

V.V.Maksarov, R.V.Vyushin

*Saint Petersburg Mining University, St. Petersburg, Russia*

*The virtual instrumentbased on modern computer technologies developed for analysis and control of CNC machine tool nonsteady motion. The paper shows thegenerating mechanism of*relaxation *self-*oscillations *the most prominent in low speed movement. It is shown that using the virtual instrumentation allows to reliably predict the behavior of mechanical systems.*

*Keywords: relaxation self-oscillations, dynamic model, the trajectory precision, technological system, mechanicalprocessing*

*Key words: machine vision system, continuous wavelet transform, CWT, filtering the image, the boundary of the shadow image.*

# ВИРТУАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК

И.И. Сытько, В.Е. Махов

*Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург,*

*На базе современных компьютерных технологий разработан виртуальный прибор для регулировки, контроля и исследования различных радиотехнических блоков. В работе предложена реализация прибора в среде LabVIEW, обеспечивающая измерения полосы пропускания амплитудно-частотных характеристик избирательных систем с минимальными динамическими погрешностями. Показано, что использование технологии виртуальных приборов и сопряжение с исследуемым радиотехническим блоком посредством платы сбора данных позволяет эффективно реализовать мониторинг технического состояния по частотным характеристикам радиотехнических блоков.*

*Ключевые слова*: амплитудно-частотная характеристика, радиотехнический блок, динамическая погрешность, избирательная система.

## 1. Постановка задачи

Актуальность проблемы при измерении амплитудно-частотных характеристик имеет ряд особенностей, к которым следует отнести: измерения производятся в динамическом режиме, измеряют не величины, а характеристики, на индикаторе отображается не статическая, а динамическая характеристика, измерения выполняются в широком частотном диапазоне и полосе качания, производится измерение, как узкополосных, так и широкополосных избирательных систем радиотехнических устройств [1, 3].

Объектом исследования являются существующие методы и технические средства, предназначенные для измерения амплитудно-частотных характеристик.

Измерители амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) являются необходимыми инструментами исследователей, конструкторов радиотехнических устройств и систем, получают широкое применение в производстве, эксплуатации и метрологическом обслуживании радиотехнических устройств и систем. В частности, показатели качества каналов передачи данных, а также приемных радиоустройств напрямую зависят от их АЧХ и влияют на качество передачи информации без потерь и искажений, обработки и обнаружения полезных сигналов на фоне как естественных, так и искусственных помех [3].

Область применения – измеритель амплитудно-частотных характеристик может быть использован при регулировке, контроле и исследовании различных радиотехнических блоков и устройств.

Целью настоящей работы является разработка аппаратно-программных средств измерения амплитудно-частотных характеристик на базе компьютерных технологий виртуальных приборов фирмы National Instruments (NI), создание процедур, обеспечивающих измерения полосы пропускания с минимальными динамическими погрешностями автоматически цифровым способом, создание рабочего макета и определение области его применения.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Исследования проводились с использованием среды программирования NI LabVIEW 2012 и частотных характеристик реальных избирательных систем радиотехнических устройств.

## 3. Описание решения

Для проведения экспериментальных исследований был разработан виртуальный измеритель (ВИ) амплитудно-частотных характеристик, временные диаграммы, поясняющие принцип измерения АЧХ представлена на рис.1, функциональная на рис. 2 и внешний вид лицевой панели (ЛП) на рис. 3.

Суть предложенного метода измерения АЧХ заключается в контроле динамической погрешности измерения путем модуляции частоты генератора качающейся частоты (ГКЧ) по треугольному закону – симметричной линейной частотной модуляции.

Принцип измерения АЧХ измеряемых объектов приведен на рис.1. Длительность прямоугольных импульсов единичной амплитуды $\Delta t_1$ и $\Delta t_2$ (рис.1 в) прямо пропорциональна полосе пропускания АЧХ измеряемого объекта (избирательной системы) и обратно пропорциональна скорости изменения частоты ГКЧ, соответственно, при положительной и отрицательной скорости изменения частоты (рис.1 а) и определяется по формуле:



(1)

где $V_{ГКЧ} = \frac{\Delta f_{КАЧ}}{T_p}$ – скорость изменения частоты ГКЧ;

$\Delta F$ – полоса пропускания АЧХ измеряемого объекта;

$\Delta f_{кач}$ – полоса качания ГКЧ;

$T_p$ – период развертки равный половине периода напряжения треугольной формы.

Полоса качания ГКЧ и период развертки показаны на рис.1 а, б. Так как изменение частоты ГКЧ и напряжение развертки производится по треугольному

закону, то луч прочерчивает на экране индикатора две АЧХ: одну – при возрастании частоты, а другую при – убывании. Следствием наличие динамических погрешностей при измерениях, является то, что на экране индикатора наблюдается две АЧХ, которые будут несимметрично смещенные в противоположные стороны, относительно статической АЧХ (рис.1 а).

Процесс контроля динамических погрешностей измерения АЧХ в первой и второй половине цикла измерения заключается в следующем. В первой половине цикла измерения, когда скорость изменения частоты ГКЧ положительная, измеряется временной интервал между спадом сигнала единичной амплитуды $\Delta t_1$ и опорным импульсом. Положение опорного импульса соответствует максимальной амплитуде модулирующего напряжения треугольной формы. Во второй половине цикла измерения, когда скорость изменения частоты ГКЧ отрицательная, измеряется временной интервал между опорным импульсом и фронтом сигнала единичной амплитуды $\Delta t_2$. Длительность временных интервалов в первой и второй половинах цикла измерения пропорциональна количеству счетных импульсов следующих с периодом повторения $T_{сч}$.

При наличии динамических погрешностей временные интервалы между спадом сигнала единичной амплитуды $\Delta t_1$ и опорным импульсом и между опорным импульсом и фронтом сигнала единичной амплитуды $\Delta t_2$ будут не равны между собой, следовательно, и количество счетных импульсов будет разным.

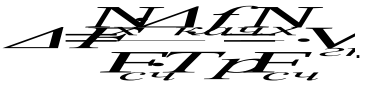
Для измерения АЧХ, а также и полосы пропускания измеряемого объекта, необходимо скорость изменения частоты ГКЧ установить такой, при которой на экране индикатора наблюдается одна АЧХ измеряемого объекта, как при положительной, так и при отрицательной скорости изменения частоты. Это соответствует наименьшим динамическим погрешностям, т.е. следует считать, что динамические искажения незначительно малые или отсутствуют.

В этом случае общее число счетных импульсов при измерении длительности прямоугольных импульсов единичной амплитуды $\Delta t_1 = \Delta t_2 = \Delta t$ определяется по формуле:



(2)

Соответственно результат измерения полосы пропускания измеряемой АЧХ определяется выражением:



(3)

Достоверность измерения АЧХ зависит от скорости изменения частоты ГКЧ и полосы пропускания измеряемого объекта и определяется выражением:

$$\mu = \frac{V_{гкч}}{\Delta F^2} \qquad (4)$$

Приведенное выражение характеризует динамические погрешности. Увеличение параметра μ приводит к тому, что на экране индикатора АЧХ измеряемого объекта, как параметрам, так и по форме отличается от его статической характеристики.

Точность измерения полосы пропускания, измеряемой АЧХ, определяется погрешностью дискретности, которая равна единице младшего разряда и зависит от частоты (периода повторения) счетных импульсов и длительности прямоугольного импульса единичной амплитуды.

В квазистатическом режиме работы измерителя скорость изменения частоты ГКЧ установлена такой, при которой на экране индикатора наблюдается одна АЧХ, как при положительной, так и при отрицательной скорости изменения частоты ГКЧ. Совмещение АЧХ соответствует наименьшим динамическим погрешностям и наибольшей достоверности измерения.

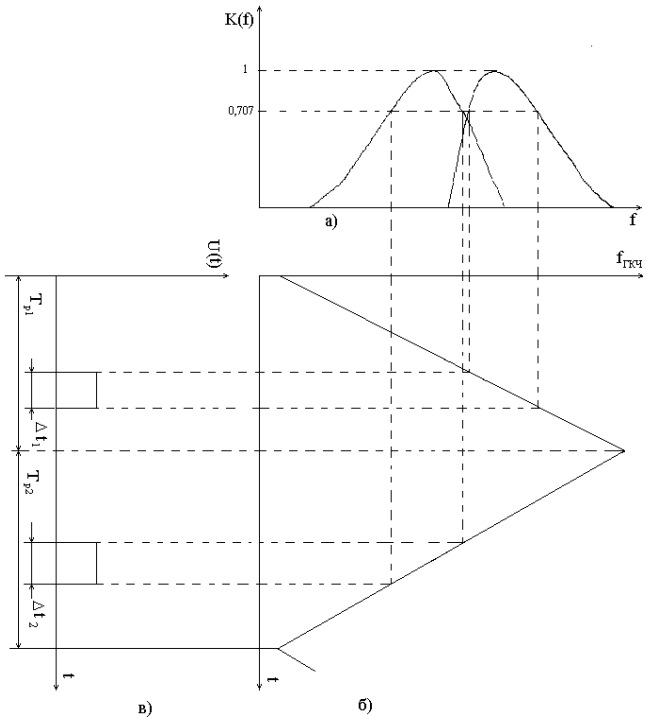



Рис. 1. ВИ амплитудно-частотных характеристик. Временные диаграммы, поясняющие принцип измерения АЧХ.

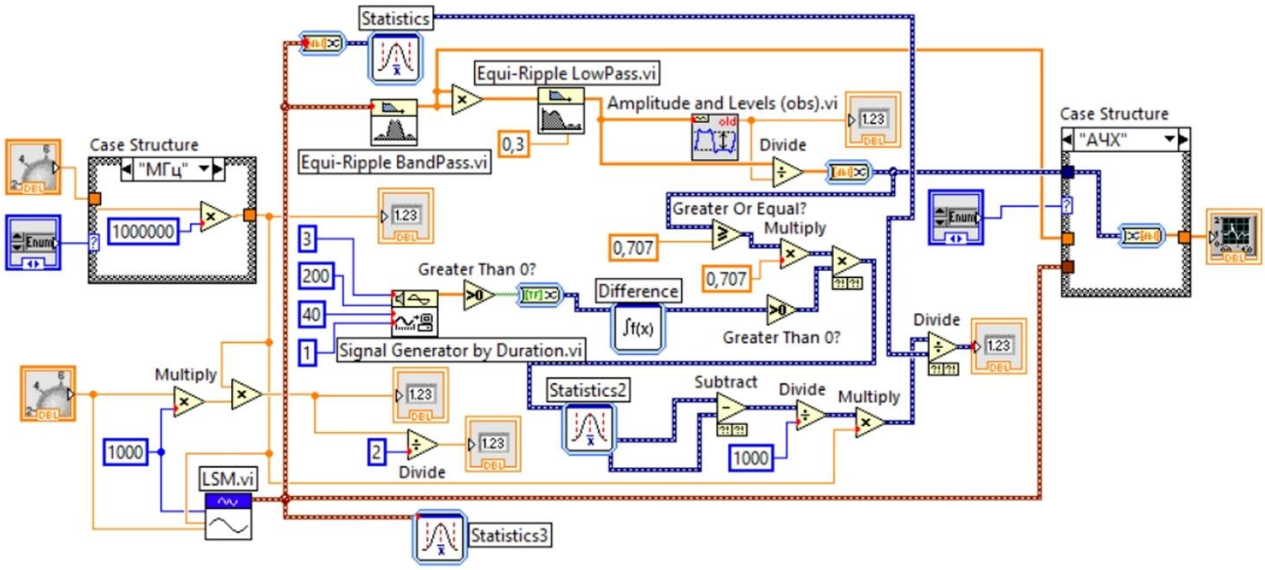



Рис. 2. ВИ амплитудно-частотных характеристик. Функциональная схема.

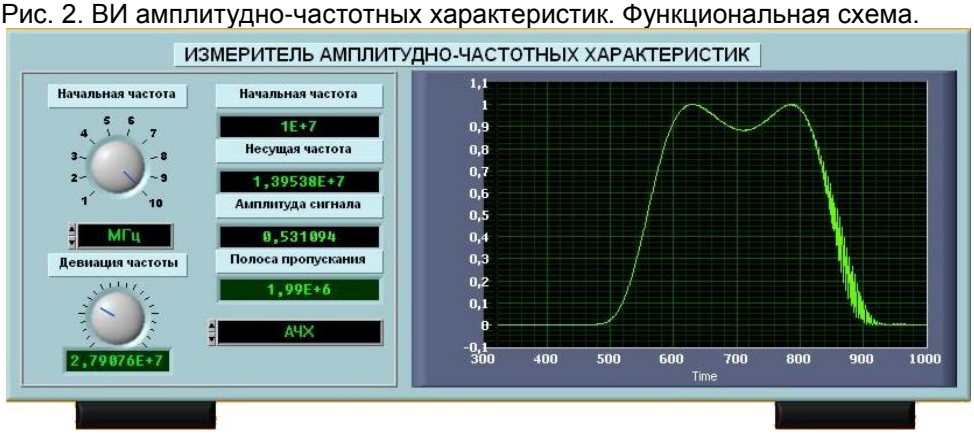



Рис. 3. ВИ амплитудно-частотных характеристик. Фрагмент ЛП ВИ.

Экспериментальные исследования проводились и проверены путем полунатурного моделирования на персональном компьютере с использованием избирательных систем реальных радиотехнических устройств.

Рассмотрим достоинства измерителя, реализующий предложенный метод измерения АЧХ.

1. Динамическая погрешность контролируется вследствие использования симметричной линейной частотной модуляции ГКЧ. По результатам контроля устанавливают такую девиацию частоты, при которой динамической погрешностью пренебрегают.

2. Полоса пропускания АЧХ измеряется автоматически цифровым способом в момент времени, когда скорость изменения частоты ГКЧ установлена такой, при которой динамической погрешностью пренебрегают. При этом погрешность воспроизведения формы АЧХ, вызванная тем, что луч индикатора не стабилен по ширине развертки, не влияет на точность измерения полосы пропускания.

Отмеченные особенности, предлагаемого метода, обеспечивают повышенную точность и достоверность измерения АЧХ и полосы пропускания, малую динамическую погрешность, вызванную скоростью изменения частоты ГКЧ, как симметричной, так и несимметричной статической АЧХ измеряемой избирательной системы (измеряемого объекта).

В известных измерителях АЧХ, указанная погрешность не контролируется, и с увеличением скорости изменения частоты будет возрастать [1–3].

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанный виртуальный измеритель амплитудно-частотных характеристик планируется использовать в учебном процессе.

**5. Список литературы**

[1]. Адоменас П. Измерители АЧХ и их применение./ П. Адоменас, Я. Аронсон, Е. Бирманас. М.: Связь, 1968.

[2]. Анцев Г.В. Измеритель относительных амплитудно-частотных характеристик /Г.В. Анцев, И.И. Сытько, В.А. Сарычев, Г.П. Соколов //Патент на изобретение РФ №2341807 от 20.12.2008.

[3]. Винокуров В.И. Электрорадиоизмерения /В.И. Винокуров, С.И. Каплин, И.Г. Петелин //Под ред. В.И. Винокурова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высшая школа, 1986. – 351с.

## VIRTUAL METERS OF AMPLITUDE-FREQUENCY CHARACTERIRISTICS

I.I.Sytko, V.E. Makhov

*Saint-Petersburg mining University, St. Petersburg, Russia*

*On the basis of modern computer technologies developed virtual instrument for adjustment, control and investigation of different radio blocks. The paper presents the implementation of the device with LabVIEW, provides a measure of the bandwidth of the amplitude-frequency characteristics of electoral systems with a minimum of dynamic errors. It is shown that the use of virtual instrumentation and interfacing with the test radio communications unit via the data acquisition board to effectively implement the monitoring of the technical state of the frequency response of radio blocks.*

*Key words: frequency response, radio engineering unit, a dynamic error, the electoral system.*

# ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ОСНОВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ LABVIEW И MATLAB SIMULINK

П.В. Морозов

*НГТУ, Новосибирск*

*В статье рассматривается объединение технологии виртуальных приборов и схемотехнического моделирования для исследования электрических режимов трансформаторных преобразователей для железных дорог переменного тока. Показаны преимущества, которые дает взаимодействие среды LabVIEW со средой Matlab Simulink.*

*Ключевые слова: LabVIEW, Simulink SimPower MATLAB Script, виртуальный прибор, трансформаторный преобразователь*

## 1. Постановка задачи

Несмотря на кажущуюся универсальность, многие современные интегрированные средства проектирования программного обеспечения ориентированы на некий круг приложений или класс задач. Разработчики наиболее продвинутых из них предусматривают возможности взаимодействия между ними и взаимного дополнения функциональных возможностей. Например, для создания удобного пользовательского интерфейса исследователя технология схемотехнического моделирования эффективно дополняется технологией виртуальных приборов.

В настоящей работе предложен виртуальный прибор для моделирования трансформаторных преобразователей, применяемых для присоединения систем электроснабжения железных дорог переменного тока к трехфазным сетям [1].

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Разрабатываемый виртуальный прибор создавался с помощью сред NI LabVIEW и Mathworks Matlab Simulink. Для взаимодействия между LabVIEW и Simulink использовался блок MathScript в LabVIEW и блок сохранения переменных в рабочем пространстве To Workspace в Simulink.

## 3. Описание решения

Структурная схема, поясняющая взаимодействие Matlab Simulink и LabVIEW, приведена на рис. 1.

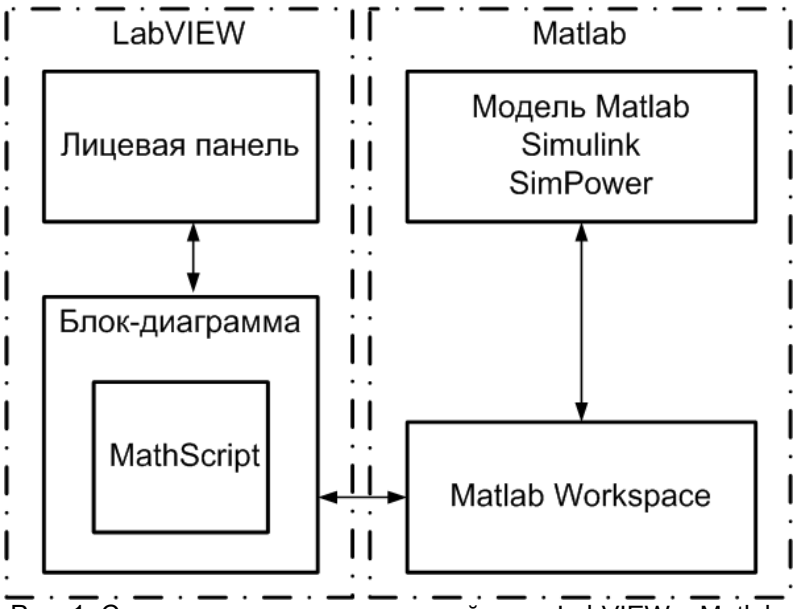



Рис. 1. Структурная схема взаимодействия LabVIEW и Matlab.

На лицевой панели задаются параметры моделирования: начало моделирования, конец моделирования и т.д. На графические индикаторы выводится токи и напряжения на обмотках трансформаторного преобразователя и накопителях энергии. На рис. 2 приведен фрагмент лицевой панели виртуального прибора.

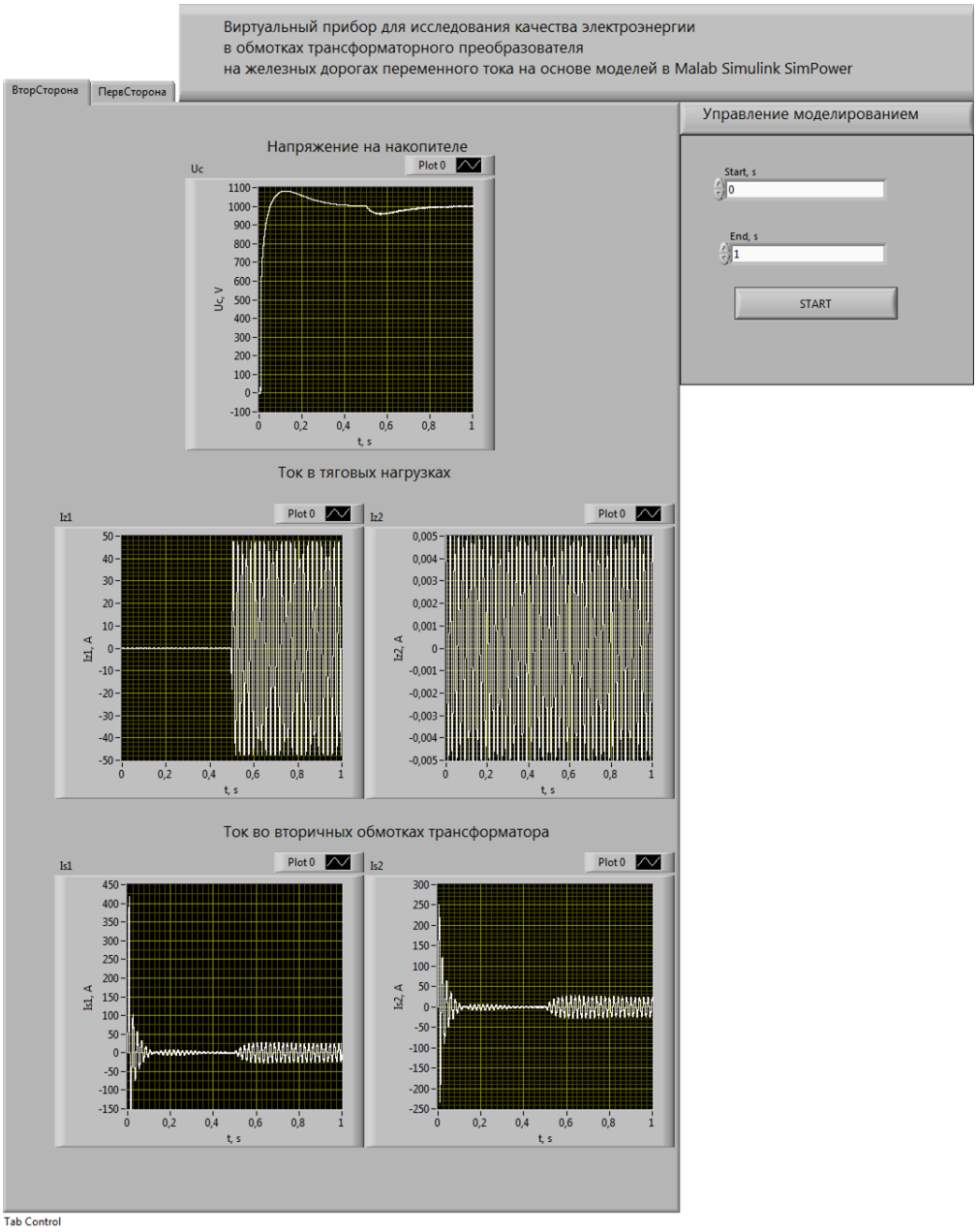



Рис. 2. Лицевая панель виртуального прибора

На лицевой панели задаются основные параметры моделирования, и запускается модель в MatlabSimulink Simpower. Результаты моделирования в виде кривых токов и напряжений выводятся на осциллографические экраны на закладках для первичной и вторичной сторон трансформаторного преобразователя. В качестве примера приведены токи в тяговых нагрузках переменного тока, а также во вторичных обмотках трансформаторного преобразователя Скотта, применяемого на железных дорогах переменного тока[2]. Кроме того, приведена осциллограмма напряжения на емкостном накопителе в составе устройства уравнивания мощности, включенного между вторичными обмотками трансформатора. Фрагмент блок-диаграммы приведен на рис. 3.

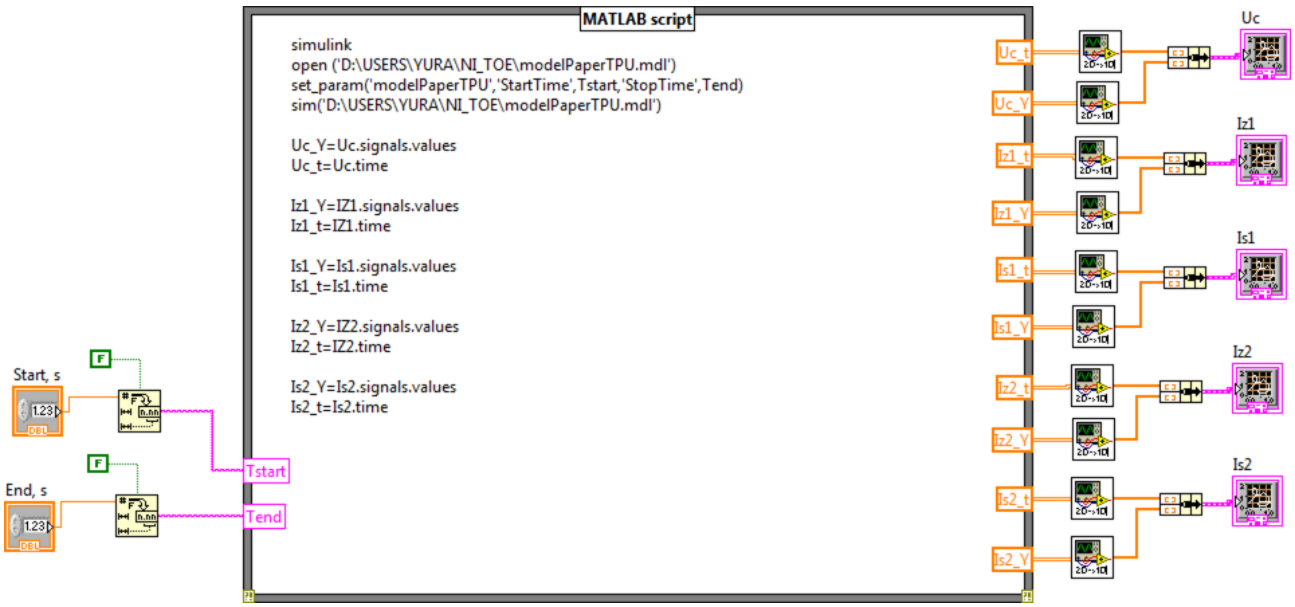



Рис. 3. Фрагмент блок-диаграммы виртуального прибора

Основным блоком на блок-диаграмме является MATLAB Script, который получает на вход параметры моделирования и выдает на выход массивы временных отсчетов и значений токов и напряжений. Внутри этого блока запускается Simulink, открывается и запускается SimPower модель, сохраняются и подготавливаются данные для выдачи на осциллографические экраны. Обмен данными между Matlab и LabVIEW осуществляется через рабочее пространство Workspace.

## 4. Внедрение и его перспективы

Предложенное решение рекомендуется для использования в лабораторном практикуме к специальному курсу электротехники для магистрантов, обучающихся по электротехническим направлениям подготовки. Расширение функциональности разработанного предложения позволит управлять моделями трансформаторных преобразователей с различной структурой в рамках научно-исследовательской работы студентов.

## 5. Список литературы


[1]. Морозов П. В. Моделирование промышленных и тяговых трансформаторных преобразователей с числом фаз некратным трем / П. В. Морозов // Актуальные проблемы современного машиностроения : сб. тр. междунар. науч.-практ. конф., Юрга, 17–18 дек. 2015 г. – Томск : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2015. – С. 86-88.

[2]. Морозов П. В., Морозов Ю. В., Присоединение систем тягового электроснабжения на основе схемы Скотта к трехфазной сети // Состояние и пути развития российской энергетики : Всерос. молодежн. науч. шк.-конф., Томск, 21–23 окт. 2014 г. : материалы тр. – Томск : Скан, 2014, С. 290-292


## VIRTUAL INSTRUMENT FOR AC RAILWAY TRANSFORMERS SIMULATION BASED ON LABVIEW AND MATLAB SIMULINK INTERATION


P.V. Morozov

*Novosibirsk State Technical University, Novosibirsk, Russia*



*The paper considers virtual instrumentation combining with circuit design simulation to study electrical modes of AC railway transformers. The advantages of the interaction between LabVIEW and Matlab Simulink are shown.*



*Keywords: LabVIEW, Simulink SimPower MATLAB Script, virtual instrument, transformer*

# ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ

Г.Л. Штрапенин, А.Н. Рябухин

*Уральский Государственный Университет Путей Сообщения (УрГУПС)*
*г. Екатеринбург*

*Разработан широкополосный генератор сигналов, расширяющий возможности учебного стенда National Instruments, используемого для проведения лабораторного практикума по электронике и смежным дисциплинам. Генератор выполнен на основе цифрового синтезатора частоты AD9850, управляемого из программной среды LabVIEW с помощью контроллера Arduino Nano,*

*Ключевые слова: лабораторный практикум, электроника, генератор сигналов, AD9850, LabVIEW 2013, Arduino Nano*

## 1. Постановка задачи

В учебных лабораториях секции «Электроника» кафедры «Электрические машины» УрГУПС проводится активная работа по внедрению в учебный процесс аппаратных и программных средств компании National Instruments (NI). Наряду с весьма дорогостоящими современными решениями в ассортименте продукции NI имеются сравнительно доступные устройства ранних выпусков, на основе которых был разработан учебный лабораторный стенд для проведения лабораторных занятий по электронике. В аппаратной части стенда используются универсальная плата ввода-вывода аналоговых и цифровых сигналов NI PCI-6221 и макетный коннектор NI SC-2075, программное обеспечение стенда написано в среде графического программирования NI LabVIEW [1].

Стенд включает типовой набор радиоизмерительных приборов: генератор сигналов, цифровой мультиметр, осциллограф, измеритель частотных характеристик и анализатор спектра. Исследуемое устройство может быть собрано непосредственно на макетной плате коннектора и (или) подключаться к его разъемам. Отметим, что программное обеспечение стенда предусматривает сохранение результатов измерений в виде массивов данных с их последующей компьютерной обработкой и анализом, а также возможность автоматизации измерений.

Основная проблема при разработке стенда состояла в генераторе сигналов. Использование программных средств LabVIEW и ЦАП платы PCI-6221 не позволяет получить качественный синусоидальный сигнал с частотой выше нескольких килогерц, что существенно снижает возможности применения стенда. В связи с этим было принято решение использовать в составе стенда специально изготовленный аппаратный генератор сигналов, конструктивно выполненный в виде модуля, расположенного на макетном коннекторе. Установка параметров генератора (включение/выключение, регулировка частоты и амплитуды выходного сигнала) осуществляется в программной среде LabVIEW аналогично управлению остальными радиоизмерительными приборами.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2013. Генератор выполнен на основе макетной платы цифрового синтезатора частоты на интегральной микросхеме (ИМС) AD9850 и платы контроллера Arduino Nano. Программирование последнего осуществлялось в среде Arduino IDE.

## 3. Описание решения

На рис. 1 - 3 приведены принципиальная электрическая схема, лицевая панель и блок-диаграмма LabVIEW генератора сигналов. Наряду с синтезатором частоты и контроллером управления в состав генератора входят дополнительные элементы – ИМС TDA8196 для регулировки амплитуды сигнала и выходной усилитель LF351. Следует отметить, что данные микросхемы сравнительно низкочастотные (и не дорогие), в связи с чем диапазон частот генератора по выходу ограничен величиной 1 МГц, в то время как предельная частота синтезатора AD9850 составляет 40 МГц. В дальнейшем предполагается заменить соответствующие микросхемы на более высокочастотные, что позволит расширить диапазон частот генератора до максимально возможных значений.

Установка частоты в синтезаторе AD9850 может осуществляться в режиме последовательной или параллельной (побайтной) записи 40-битного числа в соответствующие регистры ИМС. В плате NI PCI-6221 предусмотрены восемь цифровых выводов, что, в принципе, позволяет задавать частоту

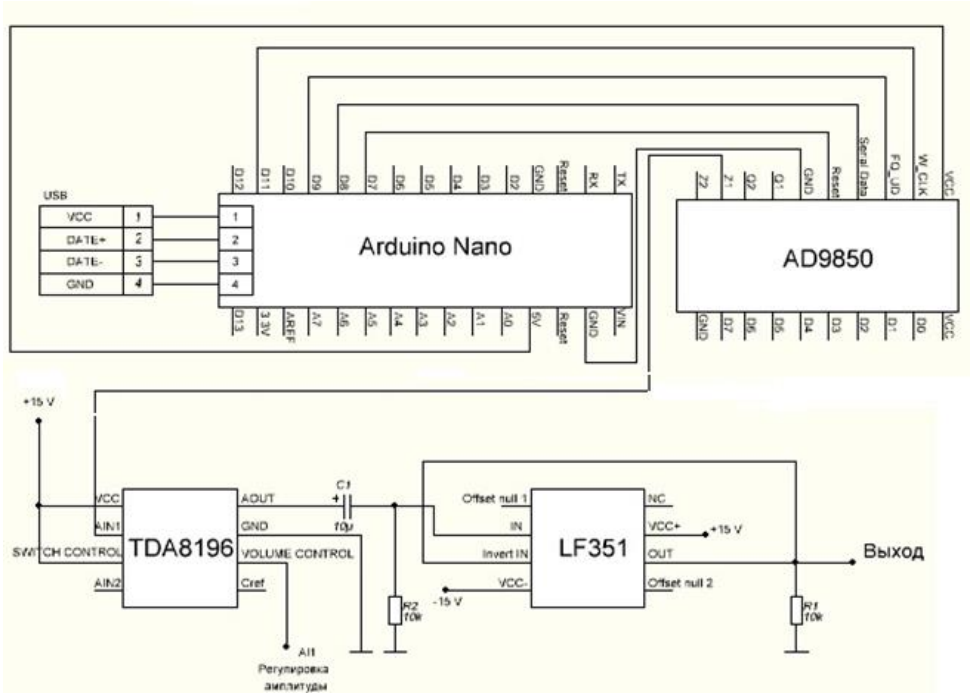



Рис. 1. Принципиальная электрическая схема генератора сигналов

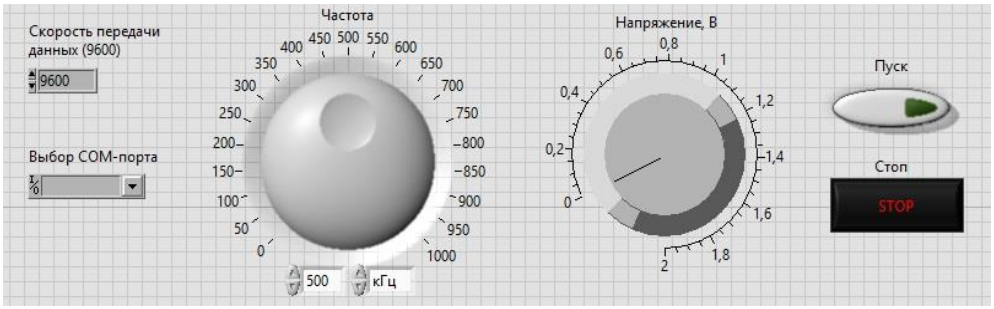



Рис. 2. Лицевая панель генератора сигналов

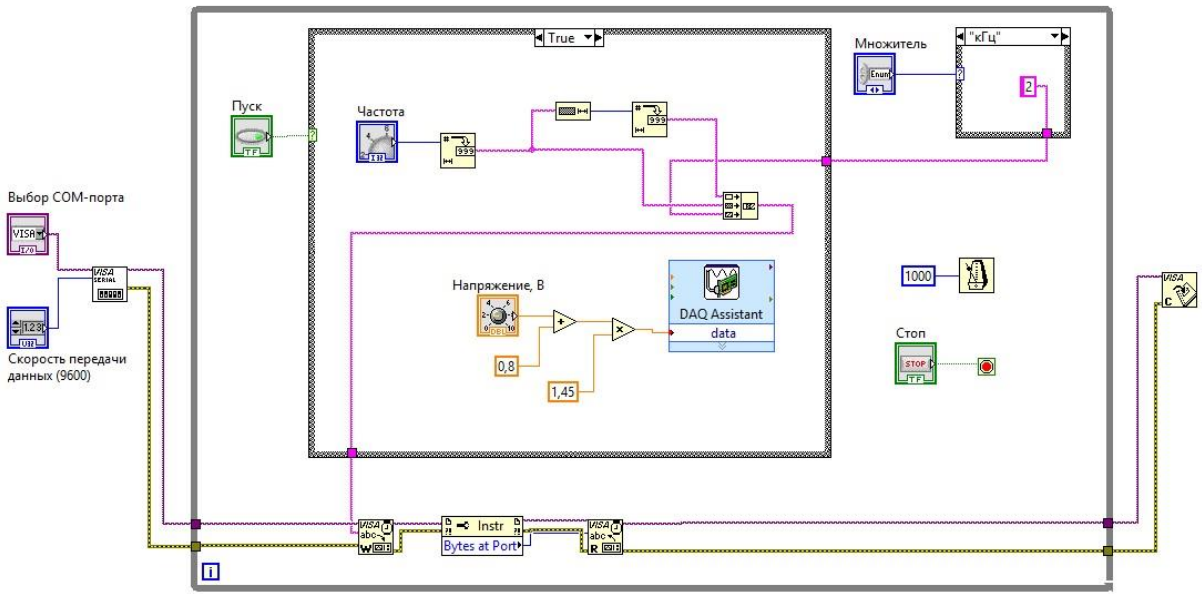



Рис. 3. Блок-диаграмма генератора сигналов

генератора средствами LabVIEW, однако большая часть этих выводов зарезервирована для управления другими приборами стенда и переключения режимов его работы. В связи с этим было

принято решение использовать для установки частоты синтезатора доступный микроконтроллер Arduino Nano, порядок управления которым через интерфейс USB в среде LabVIEW описан ниже.

Контроллер Arduino Nano содержит встроенный эмулятор COM-порта, поэтому для управления контроллером была использована библиотека NI VISA, обеспечивающая взаимодействие с внешними устройствами в режиме «запрос-ответ».

Рассмотрим работу программы на блок-диаграмме (рис. 3). Для выбора частоты заданное число преобразуется в строку. Далее определяется длина строки, и соответствующее число также преобразуется в строку. Число, определяющее разрядность, ставится первым в формирующуюся новую строку, и затем в нее записывается собственно число, обозначающее частоту. Завершается формирование строки добавлением множителя. Каждому множителю соответствует свое число, указанное в блоке. Таким образом, формируется строка, которая поступает в контроллер Arduino Nano для последующей обработки через функцию VISA Write. Функция Bytes at Port отслеживает количество байт в буфере и передает их дальше в функцию VISA Read. После получения строки, контроллер формирует сигналы управления частотой синтезатора AD9850. Стоит отметить, что строка формируется только если нажата кнопка «Пуск». Программа выполняется в цикле, который можно прервать нажатием кнопки «Стоп», после чего произойдет завершение сессии передачи данных через функцию VISA Close.

Установка амплитуды выходного сигнала (2 В максимум) осуществляется при помощи постоянного напряжения от 1 В до 4 В, формируемого ЦАП платы NI PCI-6221, которое затем подается на специализированную микросхему TDA8196. Фрагмент программы для регулировки амплитуды выполняется в том же цикле, что и установка частоты генератора.

**4. Внедрение и его перспективы**

Генератор проходит апробацию на кафедре «Электрические машины» секция «Электроника» УрГУПС. В перспективе, как было указано выше, планируется усовершенствование схемы генератора с целью расширения его функциональности.

**5. Список литературы**

[1]. Штрапенин Г.Л. Компьютерный лабораторный стенд для изучения электронных устройств // Использование цифровых средств обучения и робототехники в общем и профессиональном образовании: Сборник научных статей II Междунар. научн-практ. конф. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2015. – С. 193-197.

**SIGNAL GENERATOR FOR LABORATORY WORKSHOPS ON ELECTRONICS**

G.L. Shtrapenin, A.N. Ryabukhin
*Ural State University of Railway Transport (USURT)*

*A broadband signal generator that enhances the National Instruments training stand used for carrying out laboratory workshops on electronics and related subjects. The generator is based on the digital frequency synthesizer AD9850, managed from the LabVIEW programming environment using Arduino Nano controller*

*Keywords: laboratory workshop, electronics, signal generator, AD9850, LabVIEW 2013, Arduino Nano*

# ДВУХОСНЫЙ ГЕЛИОТРЕКЕР С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ NATIONAL INSTRUMENTS

Н.О. Горшенин, Б.В. Рябошапко

*1. ЮФУ Институт высоких технологий и пьезотехники*

*В статье рассматривается модель двухососного гелиотрекера, являющегося информационно-измерительным элементом системы управления ориентацией фотоэлектрических модулей солнечной энергетической установки. Разработана двухосная следящая система, позволяющая отслеживать движение Солнца. Алгоритм управления реализован на основе нечеткой логики с помощью модуля Fuzzy Logic Toolkit. Алгоритмы искусственного интеллекта позволяют повысить эффективность управления мощностью фотоэлектрических модулей в сложных ситуациях: облачность, пасмурная погода, неблагоприятные погодные условия. Приведен алгоритм управления, реализованный на микропроцессорах NXT, My Rio Arduino.*

*Ключевые слова: искусственный интеллект (ИИ), нечеткая логика, Fuzzy Logic Toolkit, альтернативная энергия, гелиотрекер, MyRIO, Arduino, NXT, гелиотрекер, UART-шина, $I^2C$ шина, Wi-Fi, Bluetooth*

## 1. Постановка задачи

Для обеспечения максимальной эффективности солнечная панель должна быть ориентирована на Солнце в течение светового дня для любой широты, долготы и любого времени года. Датчиком системы автоматического слежения является гелиотрекер (дословно «охотник за Солнцем»)[ ]. Одним из недостатков существующих систем автоматического слежения является необходимость активного поиска Солнца в случае его потери. Это будет происходить при низкой освещенности чувствительных элементов датчика и в ночное время. В существующих (известных) алгоритмах используется четкая (бинарная) логика. Работа посвящена созданию действующего модели двухосного гелиотрекера, реализующего алгоритм эффективного управления фотоэлектрическими модулями солнечной энергетической установки с элементы искусственного интеллекта, построенными на основе технологий National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2015 с модулем NI LabVIEW Fuzzy Logic Toolkit. Для реализации системы были использованы микропроцессоры My-RIO, Arduino и NXT а также комплектующие и сервоприводы LEGO.

## 3. Описание решения

Особенностью предлагаемой модели является то, что источниками для управления гелиотрекером являются 3 источника (рис.1): от человека-оператора, от датчиков гелиотрекера и от собственной базы знаний, которая содержит «модель внешнего мира» - перечень ситуаций.




Рис. 1. Функциональная схема системы

Алгоритм работы системы.

1. Человек-оператор оценивает текущую ситуацию и через интеллектуальный интерфейс вводит параметры, соответствующие месту расположения гелиотрекера: широту, долготу, текущее местное время;
2. Система построения динамических моделей внешнего мира (математическая модель расчета параметров) отрабатывает входные параметры и выдает данные в исполнительную систему гелиотрекера, которая устанавливает расчетные параметры: угол наклона к горизонту в вертикальной плоскости (Elevation) и азимут в горизонтальной плоскости (Azimuth);
3. После отработки параметров включаются сенсоры гелиотрекера, которые автоматически отслеживают движение Солнца используя систему построения динамических моделей (нечеткая динамическая модель отработки сигналов сенсоров);
4. Ситуации, хранящиеся в базе знаний, сравниваются с текущей ситуацией и результат сравнения выдается в систему построения динамических моделей. На основании этого сравнения выдаются сигналы в изменение алгоритмов работы гелиотрекера (отключение канала вертикальной наводки, отключение канала горизонтальной наводки, отключение системы в ночное время и в случае пасмурной погоды, включение системы утром).

Внешний вид модели двухосного гелиотрекера и структурная схема системы приведена на рис.2.




Рис. 2. Внешний вид модели двухосного гелиотрекера и структурная схема системы

Здесь представлены: блок чувствительных элементов, блок индикации состояния системы (LED), микропроцессоры MyRIO, Arduino, NXT, привод гелиотрекера, реализованный на основе конструктора LEGO и персонального компьютера, на котором реализован алгоритм нечеткого управления на основе модуля Fuzzy Logic Toolkit.

Работа гелиотрекера основывается на использовании заранее описанной базы, отражающей возможные варианты положения Солнца относительно датчиков. Было выделено 10 ситуаций.

На рис.3 приведена лицевая панель виртуального прибора, реализующего разработанный алгоритм функционирования гелиотрекера.




Рис. 3. Лицевая панель виртуального прибора

Очень коротко о некоторых особенностях алгоритма и программы. Реализован комбинированный принцип управления, позволяющий выбирать режим работы между строго

математическим и автоматическим (использование серии разностных показаний с пар датчиков гелиотрекера и их нечетко-логической обработки для корректировки положения солнечных панелей). Для этого используется переключатель Mode – Auto. В математической модели заложены алгоритмы, позволяющие рассчитать параметры Солнца для текущего положения (широта и долгота), времени года и времени суток. Рассчитанные параметры

Особенностью алгоритма работы гелиотрекера в автоматическом режиме является использование двойного нечетко-логического каскада. Первичный каскад отвечает за принятие решения о целесообразности движения панелей в зависимости от общего уровня освещенности (задается пользователем, в данной программе – константа, в дальнейшем – нейронная сеть). Вторичный каскад отвечает за непосредственную обработку разностных показаний с пар датчиков и ставит им в соответствие угол от 2 до 45°. Параметр *Number of Measurements* отвечает за количество измерений показаний датчиков (для повышения точности используется медианное значение). На основании сравнения показаний датчиков между собой осуществляется определение номера ситуации и нахождение требуемых разностных значений с пар датчиков. Каждый из датчиков имеет общие вектора с двумя ближайшими соседями. По направлению вектора определяется разница показаний датчиков и записывается в массив, требуемые элементы которого выбираются в соответствии с ситуацией (массив индикаторов *Events* отображает освещенные в данный момент датчики). Параметр *Rx Tolerance* отвечает за возможный разброс значений для данного типа датчиков и устанавливается согласно указанному в Datasheet. Этот параметр позволяет использовать любые типы датчиков в данной измерительной схеме, что делает представленный сенсорный блок универсальным инструментом, позволяющим «следить» за положением источника излучения различной природы и диапазонов.

Важным моментом является ручное отведение выключенных приводов в положение [A;I] (азимут и угол склонения). После чего необходимо нажать кнопку *Calibrate*, осуществляющую изменение значения переменной с текущими координатами на указанные в массиве *Basic Azimuth & Incline*. Далее находится разница между базовыми азимутом и углом склонения и желаемыми, полученными по формулам, реализованным в математической модели на основании данных, введенных в поля *Longtitude* (Долгота)*, Latitude* (Широта) и *Time(h)* (текущее время в часах).

## 4. Внедрение и его перспективы

Реализованная модель используется при проведении занятий по дисциплине «Интеллектуальные датчики и встроенные системы управления». В дальнейшем предполагается создание реальной системы, включающей гелиотрекер, солнечную панель, аккумулятор. Также предполагается усовершенствовать алгоритм работы следящей системы с целью повышения общей эффективности работы системы.

## 5. Список литературы

[1]. Китаева М.В. Аппаратно-программный комплекс для контроля оптимальной ориентации фотоэлектрических модулей на максимальный поток солнечного излучения. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Томск, 2014.

## DUAL AXIS HELIOTRACKER WITH ARTIFICIAL INTELLIGENCE ELEMENTS BASED ON NATIONAL INSTRUMENTS TECHNOLOGIES

*The article discusses dual axis heliotracker model. Heliotracker represents a group of measuring elements (sensors) which manage orientation of the solar panels system. Developed "smart" biaxial system (based on servos) allows following the movement of the Sun. The control algorithm based on the fuzzy logic module via Fuzzy Logic Toolkit. Artificial intelligence algorithms can improve the efficiency of capacity management of photovoltaic modules in difficult situations: cloudy, dull and adverse weather conditions. This article presents a control algorithm implemented the NXT, MyRio and Arduino microprocessors*

*Keywords: AI, Fuzzy Logic, LabVIEW, Fuzzy Logic Toolkit, Alternative energy, Heliotracker, MyRIO, Arduino, NXT, UART-bus, $I^2C$ bus, Wi-Fi, Bluetooth.*

# ИЗМЕРЕНИЕ КРИВЫХ КОНТРАСТА ТЕНЕВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ

В.Е.Махов[1], И.И. Сытько[2]

*1. Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург,*
*2. Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург,*

*Проведены исследования системы определения функции контрастной границы, в изображении контролируемого изделия методом его преобразования в изображение кривой. Исследованы факторы, влияющие на погрешность определения функции границ при использовании различных алгоритмов, в т.ч. алгоритма определения координат максимумов коэффициентов непрерывного вейвлет-преобразования (НВП). Показано, что при использовании метода коэффициентов НВП погрешность измерений функции координат границ в два раза ниже, чем при анализе распределения освещенности. Доказана возможность определения координаты резкого скачка и излома в границе изображения с точностью 0,1 пикселя.*

*Ключевые слова:* система технического зрения, непрерывное вейвлет-преобразование (НВП), фильтрация изображения, граница теневого изображения.

## 1. Постановка задачи

Актуальной задачей совершенствования измерительных систем технического зрения промышленного применения является разработка единой методики их применения в широком диапазоне изменения внешних условий, влияющих на характер изображения. Решение этой задачи позволит повысить точность измерения измеряемых параметров объекта контроля, снизить требования к измерительной системе при воздействии на нее внешних факторов.

Использование метода непрерывного вейвлет-преобразования (НВП) распределения освещенности изображения [1] повышает точность измерения линейных размеров теневого изображения, в т.ч. полученного с разфокусировкой оптической системы [2], в условиях механической нестабильности объекта контроля [3] и структурированного шума [4]. Аналогично вейвлет-анализ позволяет повысить относительную точность измерений формы изделий на основе метода определения координат слабо локализованных световых меток [5] и линейных световых структур [6]. Измерительные алгоритмы НВП определения границы контраста теневого изображения и координат локализации световых меток имеют общую природу.

Определение линейных размеров теневого изображения методом НВП содержит систематическую погрешность, вызванную особенностями градиента перепада освещенности в области границ, для компенсации которой нужна вторая граница изображения с обратным градиентом той же природы. Вдоль границы одного и того же изображения функция градиента освещенности по полю может меняться, что вызвано как свойствами и аберрациями оптической системы, так и степенью контраста изображения. Для локализованных световых меток характер градиента границ во всех направлениях мало зависит от свойств оптической системы. Следует предположить, что для повышения точности измерения формы границы изображения, целесообразно преобразовать границу теневого изображения в графическую структуру (кривую линию) проходящую через границу изображения, обеспечив симметричный градиент освещенности границ кривой.

Целью настоящей работы является исследование точности измерительных алгоритмов для геометрических размеров формы изделий в их оптическом изображении при использовании методов формирования кривых границ его контраста.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Исследования проводились с использованием среды программирования NI LabVIEW 2015 SP1, Vision Development Module 2015 SP1, модуля Advanced Signal Processing Toolkit, драйвера NI IMAQ Vision.

## 3. Описание технического решения

Для исследования точности определения функции кривой границы в изображении *y(x)* были разработаны тестовые теневые изображения максимального контраста, функция границы которого было заранее заданны кусочно-непрерывными аналитическими функциями. На рисунке 1а представлено тестовое изображение (размер $n_x$x$n_y$=1280x720 пикселей), на котором создана последовательность протяженных фрагментов (100 пикселей) с границами различного наклона □i и скачками функции границ между фрагментами.

$$y(x) = \sum_{\Omega_i} \left[ f_i(x) \right]_{\Omega_i}, \qquad (1)$$

где $f_i(x)=k_i x+a_i$, $x$ ->□$_i$, наклон границы изображения $k_i$=tg(□$_i$)=$(dy/dx)_i$.

Разработан исследовательский ВП (рис. 1б). Набор функций *1* модуля NI IMAQ Vision [2] реализует получение изображения из файла или с цифровой камеры. Функции *2* формирует и отображает изображения кривой границы изображения $y_i=f(x_i)$ заданным методом. Цикл *3*, реализованный циклической структурой (While Loop) и структурой объектно-ориентированного программирования (Event Structure), обеспечивает последовательность всех вычислений функции границы для заданных координат $x_i$. Функция *4* выделяет распределение освещенности вдоль заданной прямой линии профиля изображения. Модуль *5* обеспечивает вычисление координаты $y_i$ различными методами и их погрешностей $\Delta y_i$ по отношению к заданной функции (1).

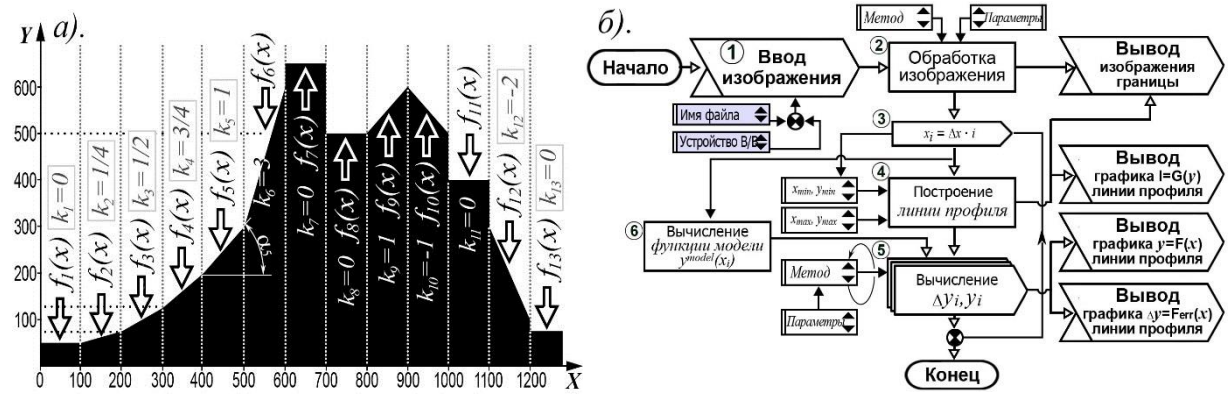



Рис. 1. Модельные исследования измерений: *а* – Тестовое изображение; *б* – Блок схема ВП

Лицевая панель ВП реализована в виде нескольких закладок, на которых сгруппированы элементы управления, позволяющие задать параметры функций обработки исходного изображения. Графические индикаторы отображает построенную кривую границы изображения, вычисленные графики функции границы и ошибок, полученные различными методами. На первой закладке ВП (рис. 2) на графическом индикаторе *1* отображается изображение выделенной границы теневого изображения, установки координат линии профиля изображения *2*, графический индикатор распределение освещенностей в выбранной линии профиля $I(y)$ *3*.

При различном наклоне границы изображения в зависимости от положения линии профиля меняется характер функции распределения интенсивностей $I(y)$ (рис. 3). Характер распределение $I(y)$ в различных линиях профиля изображения имеют свои особенности, которые влияют на результаты последующих вычисления координаты $y(x_i)$, например, методом средневзвешенного значения. Число не нулевых элементов распределения $I(y)$, или число элементов, значения которых находится выше установленного порога, характеризует исходную информационно-измерительную емкость системы, что в свою очередь определяет потенциальные возможности вычисления координат, с точностью превышающей 1 пиксель изображения.

На этапе вейвлет-анализа стоит вопрос точного определения координат $y_i$ по максимумам кривых коэффициентов НВП. В зависимости от типа вейвлета кривые коэффициентов НВП имеют различную форму с разным числом и взаимным расположением максимумов и минимумов [1]. Координаты некоторых максимумов кривых НВП для ряда вейвлетов практически совпадают с детектируемой координатой, другие имеют смещение (рис. 4). Характерно, что шкалограмма (рис. 4б) имеет периодическую структуру по оси «Шкала», которая связана с пекселизацией границы границы. Методика определения относительных координат локализованных сигналов подробно описана в работах [1,5].

Метод вейвлет анализа предоставляет так же возможности восстановления функции границы изображения и определять координату в области скачка или излома. В последовательности линий профиля распределение освещенности имеет протяженную область с особенностью (локальный максимум), характер которой меняет свое положение от координаты линии профиля. Анализ максимумов кривых НВП позволяет достоверно определить принадлежность и значение координат в области скачка функции. На рис. 5 представлены графики вычисленной погрешностей для тестового изображения резкого (А) и размытого (Б) изображения методом среднеквадратичной погрешности (рис. 4а) и методом нахождения максимумов кривых НВП для вейвлета «Mexican Hat». Характерной особенностью вейвлета «Mexican Hat» является то, что он симметричный, не имеющий компактного носителя.

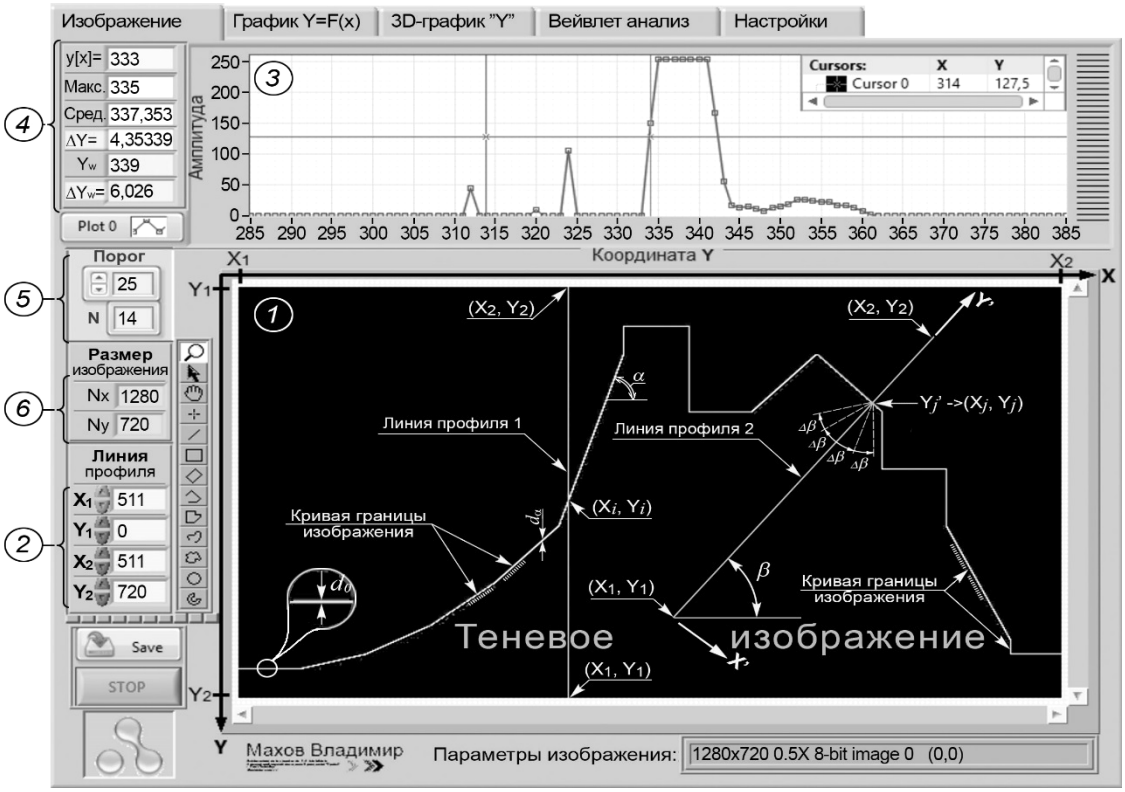



Рис. 2. Первая закладка лицевой панели ВП:
*1* – индикатор изображения границы теневого изображения; *2* – установка координат линии профиля; *3* –индикатор распределения освещенности в линии профиля; *4* – индикаторы вычисленных значений; *5* – установка порога; *6* – индикаторы размера исходного изображения

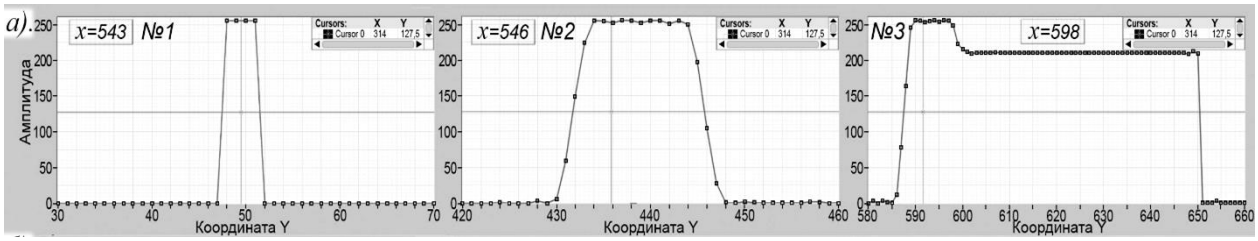



Рис. 3. Распределения интенсивностей вдоль линии профиля изображения по координате *Y*

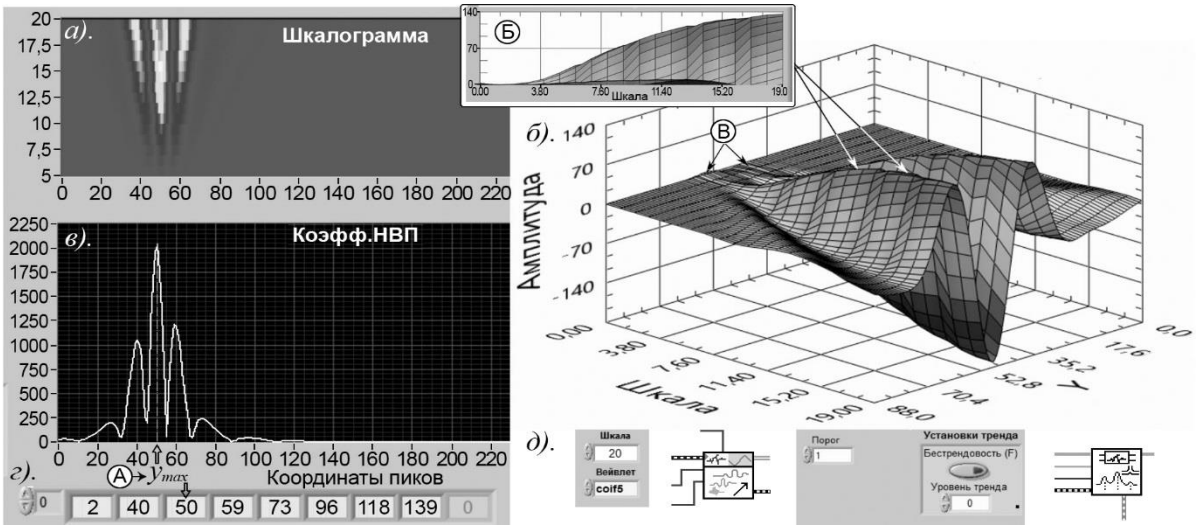



Рис. 4. НВП (coif5): *а* и *б* – шкалограмма НВП – график интенсивностей и 3D-график;
*в* – кривые коэффициентов НВП; *г* – массив координат пиков;
*д* – установки параметров функций обработки

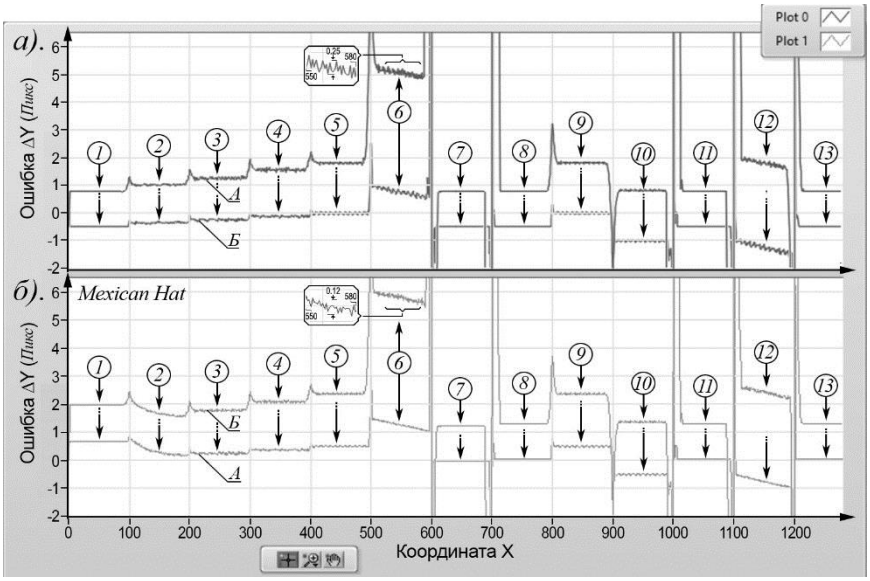



Рис. 5. Распределение погрешностей для фрагментов резкого (А) и размытого (Б) изображения: *а* и *б* – метод анализа распределения освещенностей и максимумов кривых коэффициентов НВП

**4. Внедрение и его перспективы**

Появляется возможность проводить высокоточный контроль геометрии изделий имеющих ступенчатый профиль или изломы профиля, например контроль режущего инструмента, контроль огранки кристаллов.

**5. Список литературы**

[1]. Махов В.Е., Потапов А.И. Использование алгоритмов вейвлет анализа для построения оптических измерительных систем / Контроль. Диагностика. – 2013. – №1. – С. 12-21.
[2]. Махов В.Е., Потапов А.И. Использование вейвлет-анализа для диагностики системы технического зрения / Контроль. Диагностика. – 2011. – №9. – С. 11-18.
[3]. Махов В.Е., Потапов А.И. Исследование измерительной оптической системы в условиях механической нестабильности объекта контроля / Контроль. Диагностика. – 2013. – №2. – С. 12-23.
[4]. Махов В.Е., Репин О.С., Потапов А.И. Измерение линейных размеров системами технического зрения в когерентном свете / Контроль. Диагностика. – 2014. – №4. – С. 12-19.
[5]. Махов В.Е. Исследование алгоритмов вейвлет-преобразования для определения координат световых меток / Вопросы радиоэлектроники. Серия «техника телевидения», Вып.2. – СПб: ФГУП НИИТ, 2012. – С. 78-89.
[6]. Махов В.Е., Потапов А.И. Анализ эффективности оптического метода контроля капилляров. Теоретические основы оптического контроля капилляров / Справочник. Инженерный журнал с приложением. – 2013. – №7(196). – С. 48-56.

**MEASURING CURVES CONTRAST SHADOW IMAGE**

V.E. Makhov[1], I.I.Sytko[2]

*1. Mozhaisky Military Space Academy, St. Petersburg, Russia*
*2. Saint-Petersburg mining University, St. Petersburg, Russia*

*The research system function definition contrasting border, in the image of controlled products by its transformation into the image of the curve. The factors affecting the delineation error function by using various algorithms including the algorithm for determining the coordinates of the maxima of the coefficients of continuous wavelet transform (CWT). It is shown that by using the method of measurement error factors CWT boundaries coordinate function is two times lower than the luminance distribution analysis. The possibility of determining the coordinates of a sharp jump in and break in the border of the image with an accuracy of 0.1 pixel.*

# ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ТЕЧЕНИЯ В ТРУБЕ

К.С. Егоров, Л.В. Степанова

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г.Москва*

*В статье рассматривается описание проводимых измерений и измерительная система стенда для получения тепловых и гидравлических характеристик стабилизированного течения в трубе с применением технологий фирмы National Instruments. Особенностью экспериментального стенда является возможность использования газов, отличных от воздуха. Приведены примеры полученных данных (температуры и давления в контуре стенда).*

*Ключевые слова: NI USB-6255, измерительная система, коэффициент теплоотдачи*

## 1. Постановка задачи

Для некоторых применений в энергетике необходимо использовать различные газы, отличные от воздуха, что требует изучения влияния теплофизических свойств газов на теплоотдачу и гидравлическое сопротивление. Для этого изучается стабилизированное течение в гладкой цилиндрической трубе (длина трубы составляет около 100 калибров).

В работе рассматривается система измерений экспериментального стенда для исследования теплообмена и гидравлического сопротивления с применением оборудования фирмы National Instruments.

Тепловые и гидравлические характеристики исследуются в виде критериальных зависимостей числа Нуссельта (Nu) и числа Эйлера (Eu) в зависимости от числа Рейнольдса (Re) и числа Прандтля (Pr). Измерение разности давление между входом и выходом трубы дает значение числа Эйлера [1]. Измерение коэффициента теплоотдачи (критерия Нуссельта) производится по формуле Нюьтона-Рихмана [1].

Таким образом, необходимо измерения следующих величин: статическое давление на входе и выходе из трубы, температуру стенки трубы, расход газа, температура газа на входе в трубу.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для проведения эксперимента и последующей его обработке была разработана программа в среде программирования LABVIEW 8.5, для аппаратной реализации системы измерений (преобразование аналоговых сигналов с датчиков) был использован модуль USB M6255.

## 3. Описание решения

Схема системы измерений представлена на рис. 1.

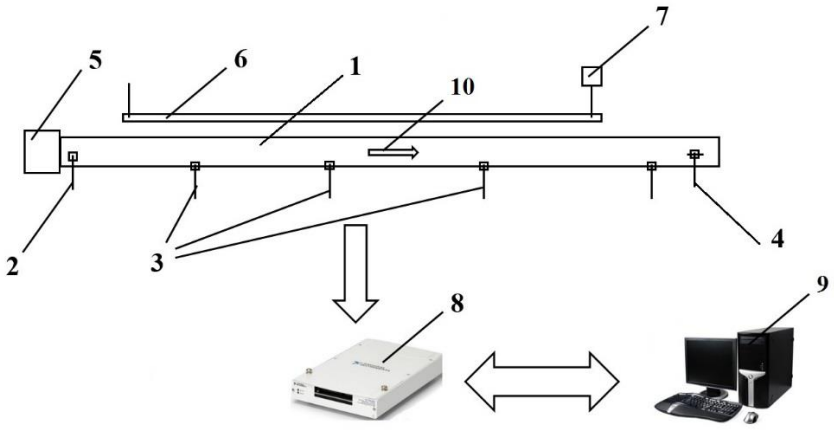



Рис. 1. Схема системы измерений. 1- экспериментальный участок; 2- датчик температуры газа; 3- датчики температуры стенки; 4- датчики давления; 5- датчик расхода; 6- нагреватель; 7- датчик мощности; 8- измерительный модуль NI USB M6255; 9- персональный компьютер; 10- направление течения газа.

На экспериментальном участке (1) смонтированы датчики температуры (2), (3) и давления (4), расхода (5). Измерение тепла, выделяемого нагревателем (6) осуществляется датчиком электрической мощности (7). Все аналоговые сигналы передаются в измерительный модуль фирмы National Instruments USB M6255 (8) [2], далее по интерфейсу USB в персональный компьютер (9) для последующей записи и обработки. На рисунке 2 представлен внешний вид разработанной программы для проведения и обработки эксперимента в среде программирования LABVIEW.

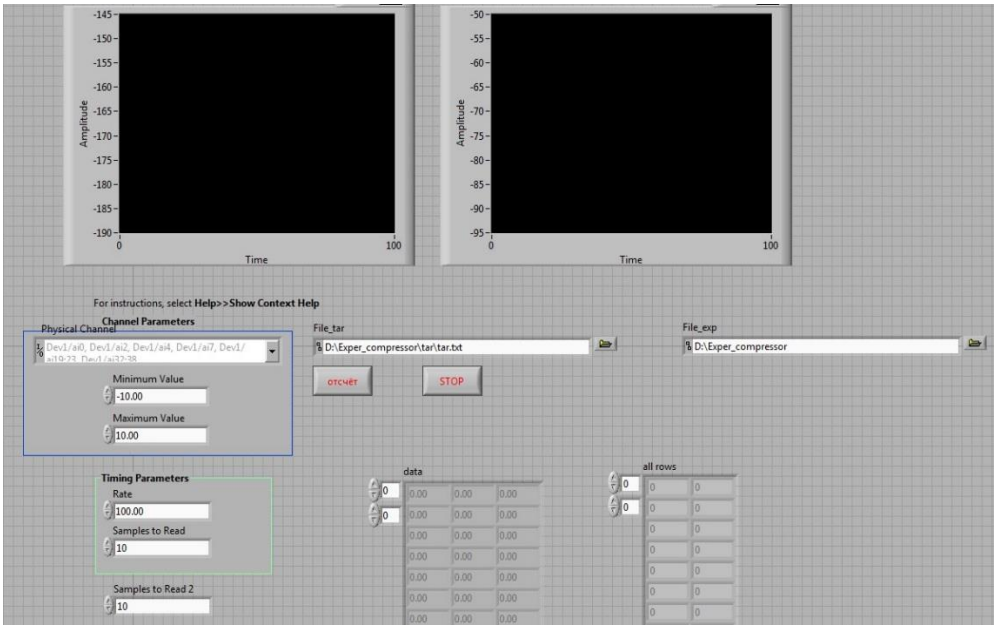



Рис. 2. Программа для проведения и обработки эксперимента, реализованная в среде программирования LABVIEW.

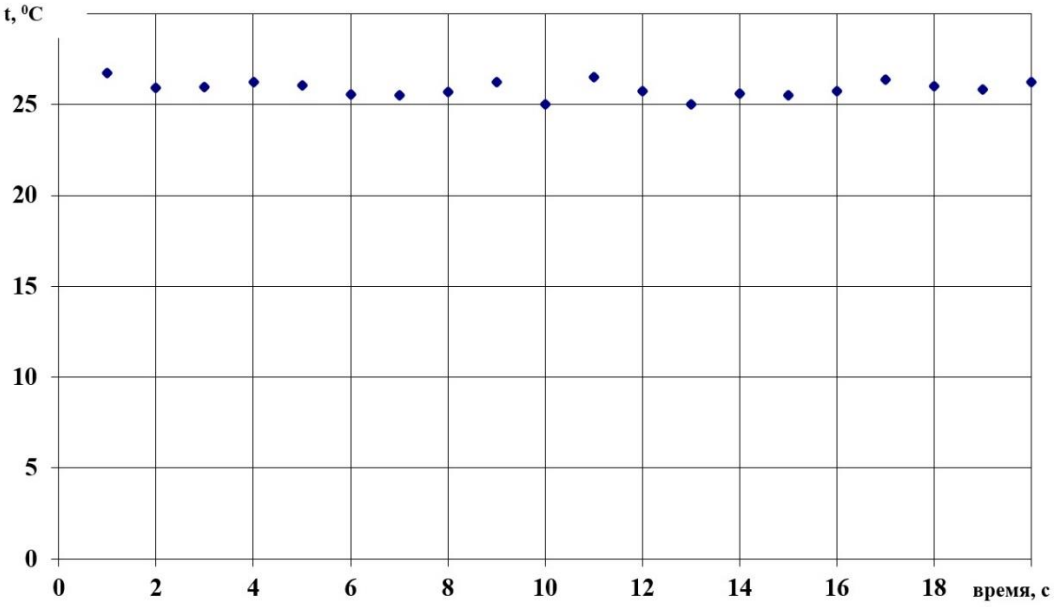



Рис. 3. Пример измеренных значений температуры.

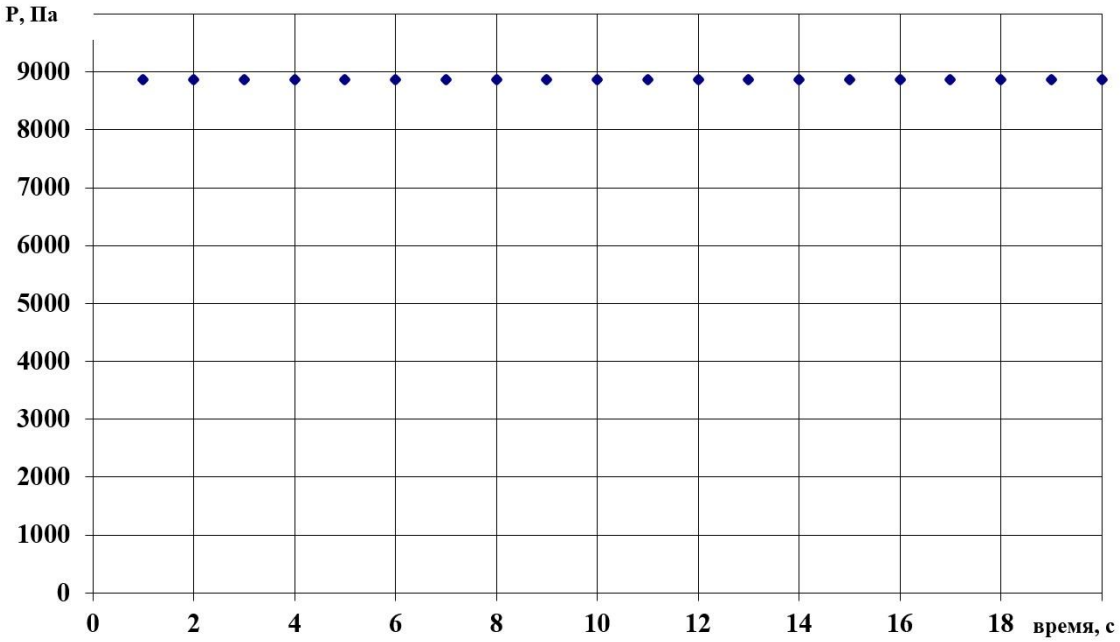



Рис. 4. Пример измеренных значений давления.

Созданная автоматизированная система позволила существенно ускорить процесс проведения экспериментов и повысить качество результата.

**4. Внедрение и его перспективы**

Измерительная система внедрена в НИИ ЭМ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. В дальнейшем предполагается внедрение еще нескольких измерительных систем.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (госзадание № 2014/104, код проекта 2092).

**5. Список литературы**

[1]. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С., Теплопередача: Учебник для высших учебных заведений. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Энергия, 1975. 488 с.
[2]. Описание и технические характеристики многофункционального модуля NI USB-6255 (серия M). Режим доступа: http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/209157 (дата обращения 30.10.2016).

**AUTOMATED SYSTEM FOR MONITORING TEMPERATURE TURBINE BLADES**

K.S. Egorov, L.V. Stepanova

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia*

*The article discusses the description measurements and experimental facility measurement system. This experimental facility uses to find of heat transfer and hydraulic characteristic inside tube with of National Instruments corporation technology. Feature of experimental facility is capability to use different gases (except air). Examples of obtaining data were perform (temperature and pressure).*

*Keywords: NI USB-6255, measurement system, heat transfer coefficient*

# ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ

А.Г. Дивин, А.А. Чуриков, А.Г. Филатова, Ю.А. Захаров

*ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов,*

*В статье рассматривается измерительная установка, предназначенная для контроля качества образцов из твердых, в том числе гетерогенных материалов, а также объектов растительного происхождения.*

*Ключевые слова: автоматизированная измерительная установка, программное обеспечение, теплофизические характеристики.*

## 1. Постановка задачи

Теплофизические характеристики (ТФХ, коэффициенты теплопроводности, температуропроводности, теплоемкость) материалов изделий промышленного назначения, а также различных биологических объектов растительного происхождения определяют процессы теплопереноса при их нагреве или охлаждении, и кроме этого, зависят от наличия в них различного рода дефектов и повреждений, в том числе и подповерхностных. Таким образом, по измеренным ТФХ можно судить о качестве объекта – изделии, материала, а также овощей и фруктов.

Для экспрессного контроля ТФХ объектов предлагается измерительное устройство и установка, рассмотренные в данном докладе.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

В составе измерительной установки применены измерительное устройство (зонд), блоки сопряжения и питания, персональный компьютер с установленной средой разработки программного обеспечения LabView 2016 My Rio, а также платы сбора данных NI USB 6008 и NI USB 9162.

## 3. Описание решения

Физическая модель, положенная в основу метода и устройства для неразрушающего активного контроля комплекса теплофизических свойств, таких как теплоемкость, теплопроводность и коэффициент температуропроводности образцов растительного происхождения, представлена на рисунке 1.

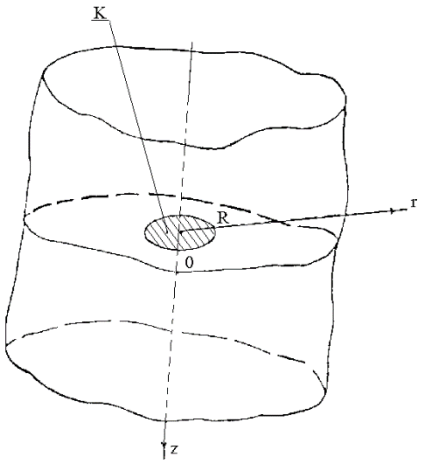



***Рисунок 1. Система контактирующих полуограниченных тел, нагреваемых через круг К плоскости z=0 контакта этих тел.***

Задача контроля решается для случая, когда нагрев осуществляется только на небольшом участке поверхности образца. Такая организация нагрева технически более доступна и экономична. Нагрев через небольшой участок поверхности создает многомерный тепловой процесс, что несколько усложняет решение задачи теплопроводности.

Методологической основой исследования является аппарат интегральных характеристик, позволяющий получить достаточно простые расчетные формулы метода неразрушающего теплофизического контроля [1]. Измерительная установка спроектирована по принципу блочной структуры с применением современных средств автоматизации управления ходом эксперимента и обработки информации.

В качестве модели образца принято полуограниченное тело. В работе используется сравнительный метод, позволяющий избежать измерения величины теплового потока, идущего в тело через участок его поверхности. Для этого используется два полуограниченных тела: одно с известными свойствами, второе – объект, свойства которого необходимо определить. Между образцами помещен плоский нагреватель [2].

Воздействием тепла через локальный участок поверхности в образце создается многомерный тепловой процесс [3]. Основываясь на возможностях практической реализации и простого математического описания теплового процесса, в исследуемом теле в качестве участка поверхности, через который поступает тепловой поток – выбран круг (рисунок 1).

Упростить техническую реализацию получения информации о температуре с нагреваемого участка круглой формы поверхности образца стало возможным при использовании термопреобразователя сопротивления специальной формы. Расположенный в нагреваемом круге

по достаточно плотной спирали, этот термопреобразователь (интегратор) дает возможность измерить интегральную характеристику температуры, что позволяет значительно упростить расчетные зависимости.

Разрабатываемая установка состоит из блоков, выполняющих каждый свою функцию: измерительный зонд, два источника питания, персональный компьютер и платы сбора данных NI USB 9162 и NI USB 9008.

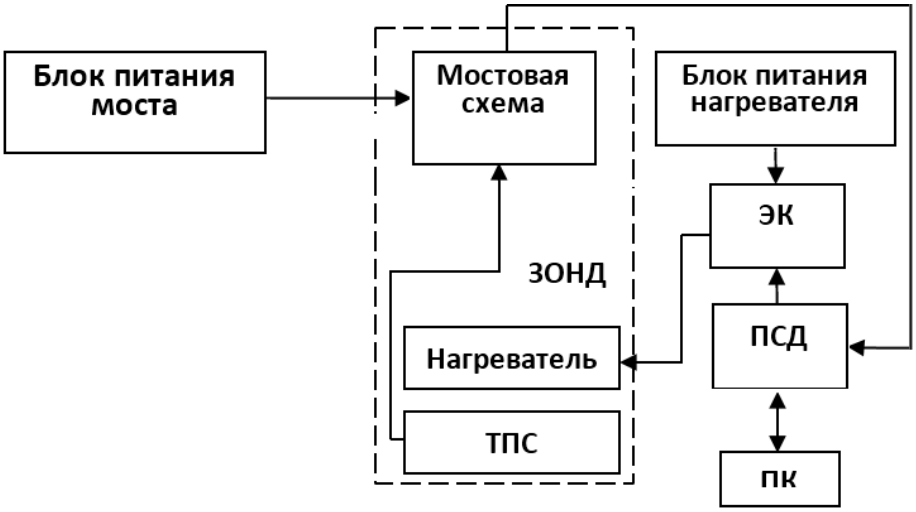



Рисунок 2. Структурная схема измерительной установки.
ПК – персональный компьютер, ТПС – термопреобразователь сопротивления, ЭК – электронный ключ, ПСД – платы сбора данных.

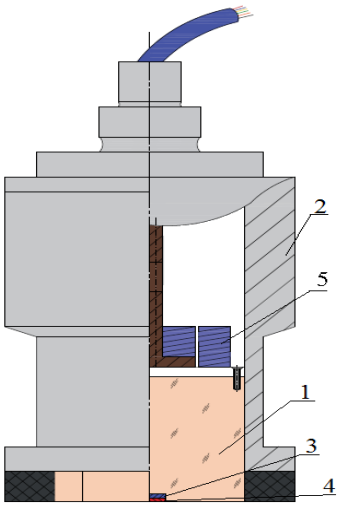



Рисунок 3. Зонд измерительный

Измерительный зонд, помещаемый на плоский участок поверхности исследуемого тела, служит для задания теплового воздействия и получения первичной тепловой информации с поверхности тела в виде значений интегральной температуры (рисунок 3).

Конструктивно зонд состоит из двух блоков: полого цилиндрического корпуса 2 и опорного цилиндра 1 (рисунок 3). Опорный цилиндр выполнен из электроизоляционного твердого материала (полиметилмелакрилат). На его основании закреплен (приклеен) электронагреватель 3 и датчик - интегратор температуры (ИТ) 4. Электронагреватель 3 выполнен из тонкой проволоки из константана, намотанной в одной плоскости. Интегратор 4 выполнен из тонкой медной проволоки, намотанной бифилярно по спирали Архимеда из центра круга до заполнения круга, заданного диаметра. Сначала на основании цилиндра закреплен электронагреватель, а на него плотно, но без электрического контакта наложен и закреплен интегратор. При размещении выносного зонда на поверхности исследуемого тела, тепло электронагревателя 3 поступает и в исследуемое тело через круглый участок поверхности, и в опорный цилиндр 1. От ИТ соединительные провода подведены к трем катушкам 5, на двух из которых намотан манганиновый провод, а на третьей медный, с сопротивлением равным сопротивлению интегратора. Эти катушки представляют собой три плеча измерительного моста, а четвертое плечо – интегратор.

Для повышения точности измерения и исключения влияния соединительных проводов и температурных колебаний интегратор подключен по трехпроводной схеме. Питание измерительного моста и электронагревателя осуществляется с внешних блоков питания.

Выходное напряжение моста подключено к аналоговому входу платы сбора данных. Разрядность аналого-цифрового преобразователя платы составляет 24 бит, что позволяет исключить использование усилителя.

Программное обеспечение измерительной установки разработано с применением технологий виртуальных приборов (ВП) в среде графического программирования LabView 2016 MY RIO.

Сигнал с зонда в виде напряжения поступает на аналоговый вход платы сбора данных NI USB 9162 и далее в персональный кмпьютер, где обрабатывается в соответствии с методикой

измерения. Рассчитываемые значения теплофизических характеристик отображаются в индикаторах лицевой панели ВП (рисунок 4). На лицевой панели можно также наблюдать за изменением интегральной температуры поверхности объекта контроля, а также управлять ходом эксперимента.

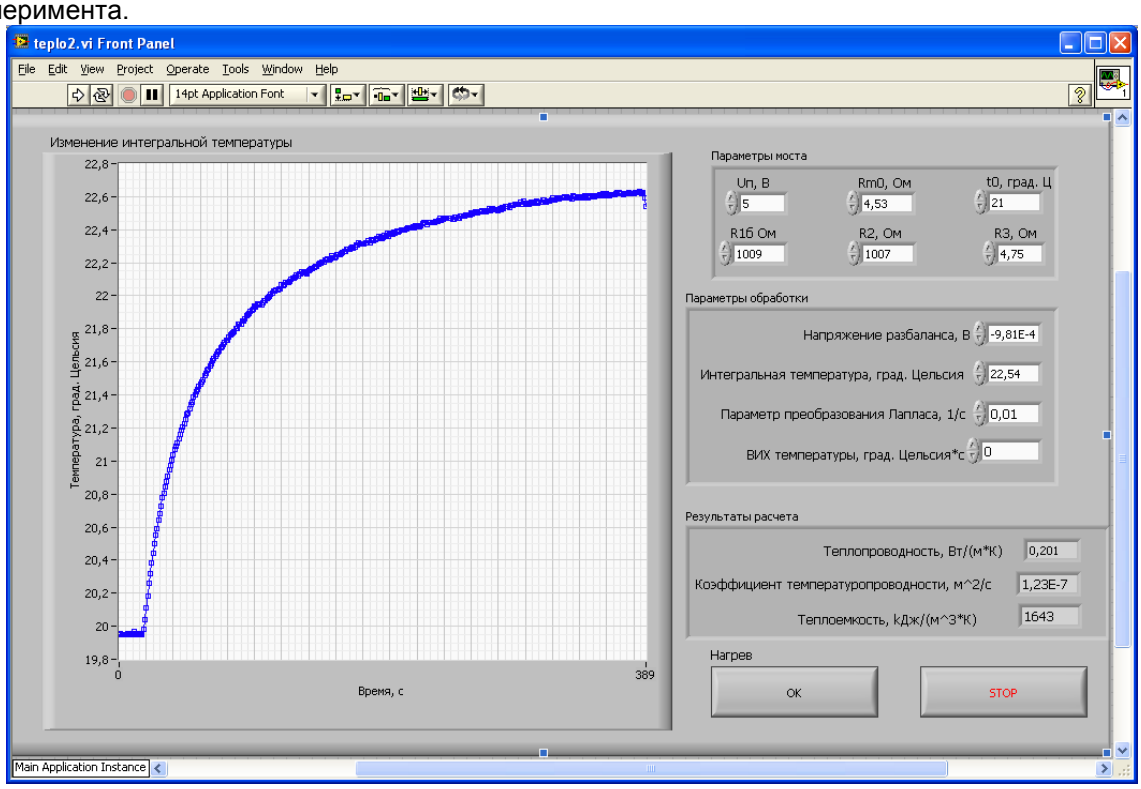



Рис. 4. Лицевая панель виртуального прибора

## 4. Внедрение и его перспективы

Разработанная измерительная установка может применяться не только для контроля свойств овощей и фруктов, но и для определения теплофизических характеристик других изотропных, гетерогенных материалов, в том числе модифицированных наноматериалами.

Работа выполнена в рамках государственного задания № 539 (базовая часть).

## 5. Список литературы

[1].Конышева Н.А., Чуриков А.А. Математическое моделирование в теплофизическом контроле ортотропных материалов// Математические методы в технике и технологиях - ММТТ. - 2014. № 1 (60). - С. 31-33.

[2].Чуриков А. А., Сенкевич А. Ю. Информационно-измерительная система многостадийного неразрушающего контроля теплофизических свойств// Датчики и системы. – 2000. - №9. - С. 26 - 29.

# THE MEASURING DEVICE IN THERMAL NON-DESTRUCTIVE QUALITY CONTROL OF VEGETABLES AND FRUITS

A.G. Divin, A.A. Churikov, A.G. Filatova

*TSTU, Tambov*

*The article discusses the established measuring system designed for quality control samples of plant origin (vegetables and fruits) by thermal non-destructive control of thermophysical properties.*

*Key words: automated measurement setup, software, thermal properties, vegetables and fruit.*

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА NI ELVIS II ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ И СХЕМОТЕХНИКИ

К.В. Монахова

*НИУ ВШЭ, г. Москва*

*В статье рассматривается образовательная платформа NI ELVIS II, предназначенная для лабораторных практикумов. Данная платформа позволяет объединить теорию с реальными практическими задачами, а также укрепить и углубить полученные знания.*

*Ключевые слова: NI ELVIS II, образовательная платформа, лабораторный практикум.*

**Постановка задачи**

Образовательная платформа NI ELVIS II предназначена для провидения лабораторных практикумов по различным инженерным дисциплинам. В настоящее время, тяжело угнаться за темпом развития электроники, поэтому необходимо своевременно обновлять учебные программы по таким дисциплинам как электроника и схемотехника. Но помимо обновления теории, также необходимо обновление лабораторных стендов для практического понимания предмета.

**Используемое оборудование и программное обеспечение**

Аппаратно-программный комплекс NI ELVIS II [1], показанный на рисунке 1, работает под управлением среды LabView и позволяет использовать различные модули для изучения тех или иных курсов, а также позволяет проектировать эти модули самостоятельно, что с свою очередь значительно упрощает модернизацию лабораторных практикумов.




Рис. 2. NI ELVIS II

Образовательная платформа NI ELVIS II использует встроенные виртуальные приборы, которые позволяют заменить небольшую лабораторию с наиболее распространенными приборами. Программное обеспечение NI ELVISmx используется для управления аппаратными средствами NI ELVIS II с помощью созданных в LabVIEW лицевых панелей (Soft Front Panels – SFPs) измерительных приборов, позволяющих: генерировать сигнал произвольной формы (Arbitrary Waveform Generator – ARB); Анализировать амплитудно- и фазочастотные характеристики (Bode Analyzer); считывать/записывать цифровые данные (Digital Reader Writer); анализировать спектр (Dynamic Signal Analyzer – DSA); генерировать стандартные сигналы (Function Generator – FGEN); анализировать импеданс (Impedance Analyzer); анализировать вольтамперные характеристики двухполюсников и трехполюсников (Two- / Three- Wire Current Voltage Analyzer). А также имеются

виртуальные приборы цифрового мультиметра (Digital Multimeter – DMM) и осциллографа (Oscilloscope – Scope).

**Описание решения**

Как уже говорилось выше, аппаратно-программный комплекс NI ELVIS II работает со стандартными модулями (лабораторные стенды) (рисунок 2), подключенными через разъем. Данные модули позволяют проводить лабораторные практикумы по основным инженерным дисциплинам, но зачастую необходимо проводить лабораторные занятие по специфическим темам.

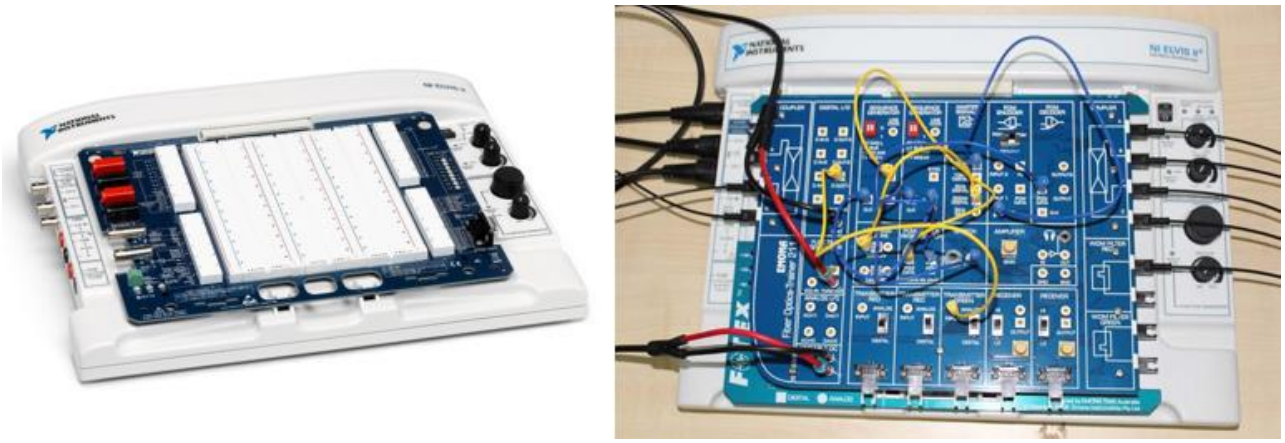


Рис. 3. Стандартные модули, подключенные к комплексу NI ELVIS II.

Для таких случаев есть возможность самостоятельной разработки модулей для платформы NI ELVIS II, так как в мануале к комплексу NI ELVIS II имеется распиновка данного разъема, а также разработка виртуальной панели в среде LabVIEW, под необходимый лабораторный стенд.

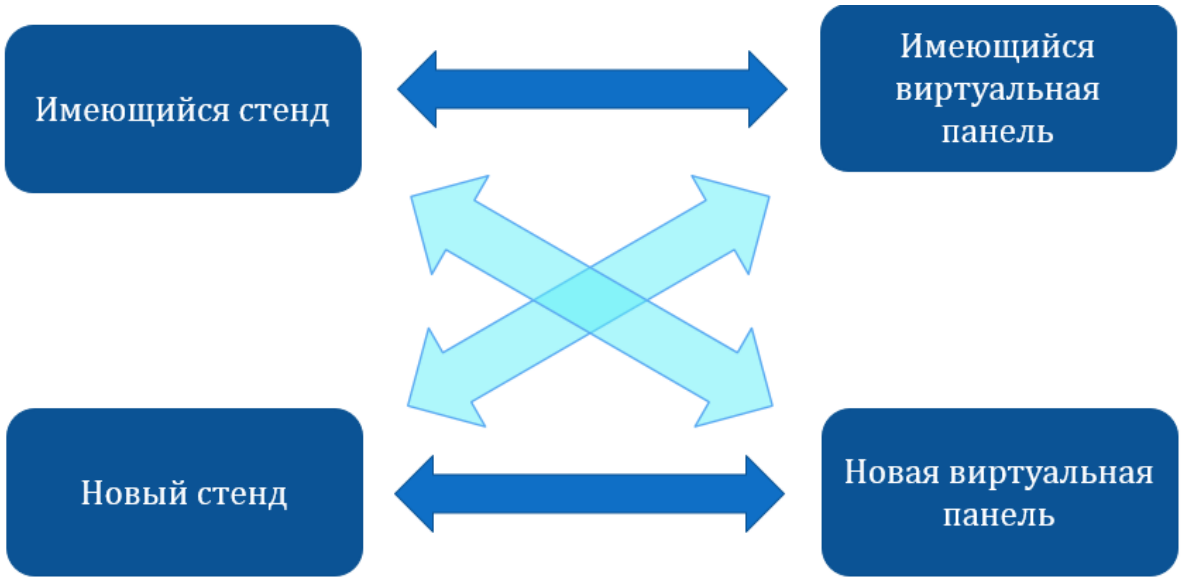



Рис 4. Вариации работы с аппаратно-программным комплексом NI ELVIS II.

**Вывод**

Таким образом, повышаются возможности образовательной платформы NI ELVIS II, за счет вариации работы с лабораторными стендами и виртуальными панелями, как показано на рисунке 3. И, следовательно, использование аппаратно-программного комплекса ELVIS существенно облегчает процесс адаптации лабораторных практикумов под модернизированные лекционные курсы.

**Список литературы**

[1]. NI ELVIS II. Учебный курс.
[2]. http://www.ni.com/ni-elvis/ – раздел на сайте National Instruments

## USEGE OF THE SOFTWARE AND HARDWARE SYSTEMS NI ELVIS II FOR IN-DEPTH STUDY OF ELECTRONIC AND CIRCUITRY

K.V. Monakhova

*HSE, Moscow, Russia*

*The article dwells on NI ELVIS II educational platform designed for laboratory workshops. This platform allows you to combine theory with real practical problems, and to improve the knowledge acquired.*

*Keywords: NI ELVIS II, an educational platform, laboratory practice.*

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕД MULTISIM И LABVIEW ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ

Л.В. Ахметвалеева, Л.Г. Кулагина,
Р.Ш. Гафутдинов, Р.Р. Гаязов

*ФГБОУ ВПО КГЭУ, г.Казань, Респ. Татарстан*

*В статье рассматривается исследование параметров полевых транзисторов с использованием программных сред Multisim и LabVIEW. Приведены принципиальная схема подключения полевого транзистора, результаты исследования, блок-диаграмма лабораторного макета в среде LabVIEW*

*Ключевые слова: Multisim, LabVIEW, лабораторный макет, полевой транзистор, вольтамперная характеристика(ВАХ)*

## 1. Постановка задачи

Применение современных информационных технологий в вузах открывают новые возможности экспериментального исследования при проведении лабораторных работ. В настоящее время все чаще для проектирования и исследования характеристик полупроводниковых приборов используют различные программные среды для разработки электронных схем.

Инновационные формы обучения особенно актуальны при изучении основ электроники, без которых невозможно освоение методов проектирования и обслуживания современного промышленного электронного оборудования[1]. Среди различных программ моделирования широкое распространение получили программные среды *Multisim* и *LabView*, разработанные фирмой *National Instruments*.

Данная работа посвящена созданию виртуального лабораторного макета для изучения и исследования параметров полевых транзисторов. При проведении исследования использовались среды разработки Multisim и LabVIEW.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Предлагаемая нами разработка представляет собой лабораторный макет для исследования вольтамперных характеристик полевых транзисторов. Исследование проводилось в среде Multisim 12.0, после результаты интегрировались в среду LabVIEW 8.6 для дальнейшей обработки и создания лабораторного макета.

## 3. Описание решения

В качестве объектов исследования были выбраны полевые транзисторы с разными типами проводимости - полевые транзисторы с управляющим n- p переходом, МОП - транзисторы, полевые транзисторы с барьером Шоттки. Для точности исследования были взяты по десять транзисторов каждого типа. При построении схем использовалась стандартная библиотека компонентов среды Multisim. Большой выбор схем позволяет провести универсальный анализ разных типов транзисторов. После построения схем в среде Multisim были проведены анализы входных и выходных характеристик и рабочих точек каждого из типов транзисторов[2]. В Multisim благодаря различным приборам отображения информации были получены вольтамперные характеристики транзисторов в виде массива данных.

Принципиальная электрическая схема для снятия вольтамперных характеристик полевого транзистора показана на рис. 1. Результаты исследования характеристик и параметров полевых транзисторов в среде Multisim сохраняются в виде массивов данных. Пример одного из таких массивов приведен на рис.2.

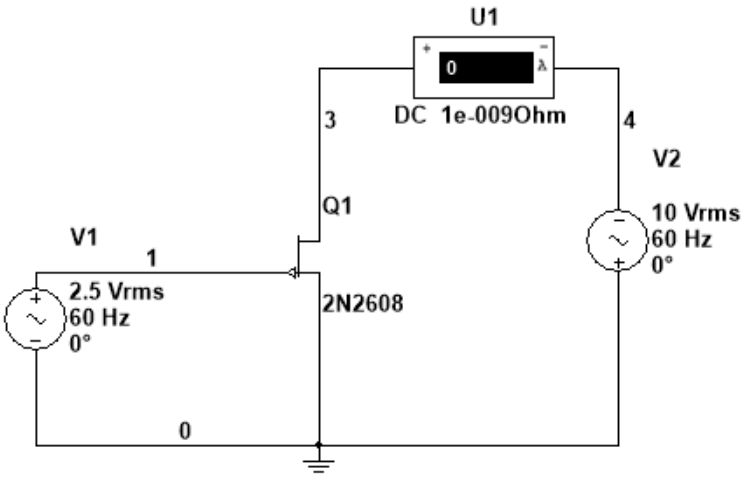



Рис. 1. Принципиальная схема полевого транзистора

| | |
|---|---|
| 0.000000000000e+000 | -9.667712336283e-004 |
| 5.000000000000e-002 | 2.545090831578e-003 |
| 1.000000000000e-001 | 1.368082127553e-002 |
| 1.500000000000e-001 | 3.285713650632e-002 |
| 2.000000000000e-001 | 5.575638154251e-002 |
| 2.500000000000e-001 | 7.737774795337e-002 |
| 3.000000000000e-001 | 9.210899612028e-002 |
| 3.500000000000e-001 | 9.769186017767e-002 |
| 4.000000000000e-001 | 9.887778205660e-002 |
| 4.500000000000e-001 | 9.911847986747e-002 |
| 5.000000000000e-001 | 9.921121231506e-002 |
| 5.500000000000e-001 | 9.928220143456e-002 |
| 6.000000000000e-001 | 9.935002880901e-002 |
| 6.500000000000e-001 | 9.941739710366e-002 |
| 7.000000000000e-001 | 9.948469875502e-002 |
| 7.500000000000e-001 | 9.955199073227e-002 |
| 8.000000000000e-001 | 9.961928130518e-002 |
| 8.500000000000e-001 | 9.968657167424e-002 |
| 9.000000000000e-001 | 9.975386201372e-002 |
| 9.500000000000e-001 | 9.982115234892e-002 |
| 1.000000000000e+000 | 9.988844268353e-002 |
| 1.050000000000e+000 | 9.995573301799e-002 |
| 1.100000000000e+000 | 1.000230233525e-001 |
| 1.150000000000e+000 | 1.000903136870e-001 |

Рис. 2. Массив данных полевого транзистора

На рис. 2 изображен массив данных полевого транзистора, где первый столбец соответствует току истока, а второй – напряжению затвор-истока.

Среда LabVIEW в данной работе используется для создания лабораторного макета с внедрением результатов исследования из среды Multisim. На рис. 3 изображена блок-диаграмма лабораторного макета для исследования полевого транзистора[3].

Лицевая панель данного виртуального лабораторного макета будет иметь: графическое окно, для отображения ВАХ транзистора, выбор транзистора из списка, таблица для вывода графика в табличном виде, шкала для выбора значений тока и напряжения, а также кнопки для сохранения графика, таблицы, очистки таблицы и записи в таблицу.

Представленный виртуальный лабораторный макет в среде *LabVIEW* позволяет изучить полевые транзисторы и получить реальные результаты исследования, при этом используя виртуальные модели полевых транзисторов.

Как показали исследования, результаты предлагаемого лабораторного макета соответствуют реальным результатам, полученным на лабораторном стенде, что позволяет использовать данную виртуальную модель как альтернативную замену уже существующим лабораторным стендам.

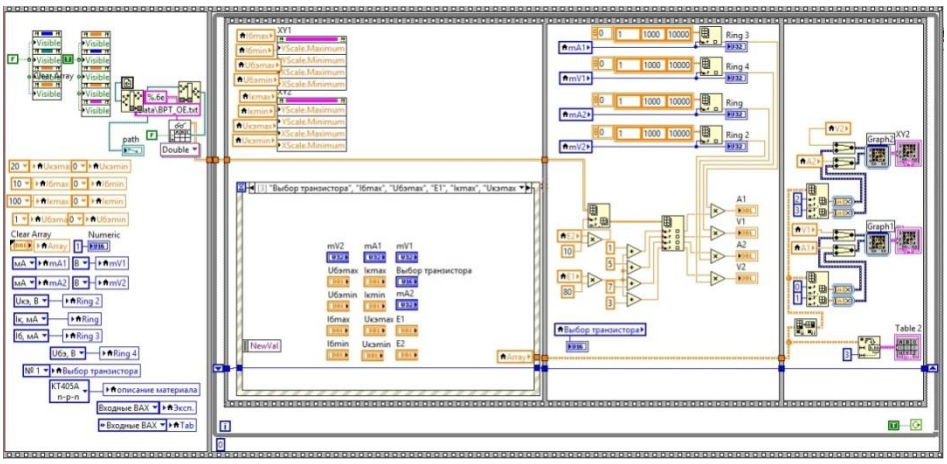


Рис. 3. Блок-диаграмма лабораторного макета

**4. Внедрение и его перспективы**

Теоретическое и практическое изучение полупроводниковых приборов выполняется в рамках учебных дисциплин на кафедре "Промышленная электроника и светотехника" в Казанском государственном энергетическом университете. В настоящее время для изучения транзисторов используются лабораторные стенды, имеющие ограниченные возможности по исследованию характеристик и параметров полевых и биполярных транзисторов.

Применение данного лабораторного макета в вузе открывает новые возможности экспериментального исследования при проведении лабораторных работ. Данный макет позволит упростить изучение студентами основ электроники, используя при этом только персональный компьютер с данным лабораторным макетом.

**5. Список литературы**


[1]. Евдокимов Ю.К. Линдваль В.Р. Щербаков Г.И. LabView для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. – М.: ДМК Пресс, 2007.

[2]. Дорошков А.В. Теория и компьютерное моделирование устройств электроники. Учеб. пособие. - СПб.: СПбГУНиПТ, 2006.

[3]. Потапов А.А. Кулагина Л.Г. Ахметвалеева Л.В. Применение среды LabVIEW в лабораторном практикуме по полупроводниковым приборам / Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments NI Days – 2013: Сборник трудов XII международной научно-практической конференции, Москва, 28-29 ноября 2013г. – М.:ДМК пресс, 2013, с. 408-410.


**USING THE SOFTWARE AND MEDIA MULTISIM LABVIEW FOR RESEARCH PARAMETERS FIELD-EFFECT TRANSISTORS**


L.V. Ahmetvaleeva, L.G. Kulagin,
R.Sh. Gafutdinov, R.R. Gayazov

*VPO KSPEU, Krasnoselskaya str., 51, Kazan, Republic. Tatarstan, 420034*



*The article deals with the study of parameters of FETs using Multisim and LabVIEW software environments. Presents a schematic diagram of the connection of the FET, the results of the study, a block diagram of the layout of the laboratory with LabVIEW*



*Keywords: Multisim, LabVIEW, laboratory model, a field effect transistor, current-voltage characteristic (CVC)*

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ NI ELVIS II ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ

А.Т. Яруллин[1], М.В. Колистратов[2], А.А. Сивкова[3]

*1,2,3. НИТУ «МИСиС», г. Москва*

*В статье рассматривается один из способов снижения энергопотребления за счёт применения системы управления мощностью светодиодных светильников. Программа управления и дополнительное программное обеспечение разработано и проверено на практике с помощью образовательной платформы макетирования и прототипирования NI ELVIS II и программной среды LabView. Приведена структурная схема автоматической системы регулирования освещением и описаны результаты исследования при различных ситуациях изменения естественной освещённости.*

*Ключевые слова: NI ELVIS II, удаленный мониторинг, датчики освещения, управление освещением, энергопотребление.*

## 1. Постановка задачи

В настоящее время стоимость энергоресурсов постоянно увеличивается. При этом почти пятая часть от мирового потребления электроэнергии составляет освещение, т.к. большее количество электроэнергии тратится лампами горящим без необходимости и электрическим освещением, не реагирующим на увеличенные уровни дневного света. В связи с этим существует необходимость проведения мероприятий по снижению энергозатрат на освещение. Одним из таких довольно эффективных мероприятий является применение систем управления освещением в помещениях, но также известно, что стоимость всех существующих на данный момент решений довольна высока, что не совсем приемлемо для бюджетных организаций. Поэтому цель данной работы заключается в разработке доступной системы для поддержания необходимого уровня освещённости.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для сбора данных, генерации и согласования сигналов используется лабораторная станция NI ELVIS II с интерфейсом USB, для создания программ управления, тестирования и автоматизации – графический язык программирования LabView.

## 3. Описание решения

Структурная схема системы мониторинга на рис. 1.

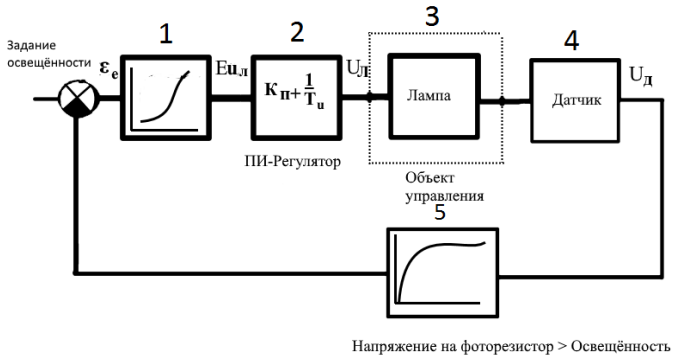



Рис. 1. Структурная схема автоматической системы регулирования освещения.

Данная схема работает следующим образом:

Входным сигналом системы является заданный уровень освещённости Eз, оно сравнивается с уровнем освещённости Eд, которое рассчитывается по уравнению в блоке 1 в зависимости от напряжения на датчике (фоторезисторе). Если Eз≠Eд, то появляется ошибка ε = Eз-Eд. Допустим, уровень текущей освещённости меньше заданного уровня, т.е. Eз>Eд, тогда ε>0. Далее эта ошибка поступает на блок пересчёта 5, где рассчитывается необходимое напряжение для светодиодных ламп. Необходимое напряжение поступает на вход ПИ-Регулятора, выход которого соединён с лампами освещения.

Данная система была протестирована на созданном макете помещения. Исследовались следующие ситуации:

–постепенное уменьшение естественного освещения;

–резкое изменение освещённости.

Была создана программа, позволяющая фиксировать такие параметры, как напряжение на датчике, рассчитанный текущий уровень освещённости и напряжение, подаваемое на лампу. Интерфейс представлен на рис.2,3.




Рис. 2. Интерфейс программы для мониторинга освещения.

Как видно из графика, что при уменьшении уровня освещённости напряжение на лампе начинает возрастать, тем самым, повышая уровень света в помещении, задаваемый при настройке системы.

При резком изменении освещённости, мы получаем колебательный процесс, что негативно может сказаться на ресурсе ламп.

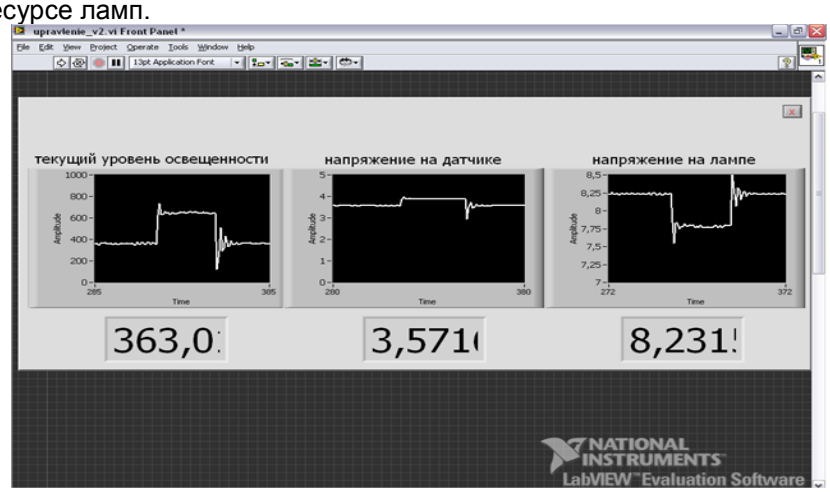



Рис. 3. Интерфейс программы при импульсном воздействии на систему управления.

Анализ и тестирование системы были проведёны на макете помещения, который был создан со следующими размерами: длина–30 см, ширина–30 см, высота–20 см, с двумя световыми проёмами, со снимаемой крышкой (потолок помещения), были наклеены светодиодные ленты к потолку, созданные по форме потолочных светильников в комнате, которые имели последовательное соединение. Провода питания были выведены наружу. Вся система подключается к управляемому источнику напряжения Supply+ и Supply –, к платформе NI ELVIS. Макет помещения изображён на рис.4.

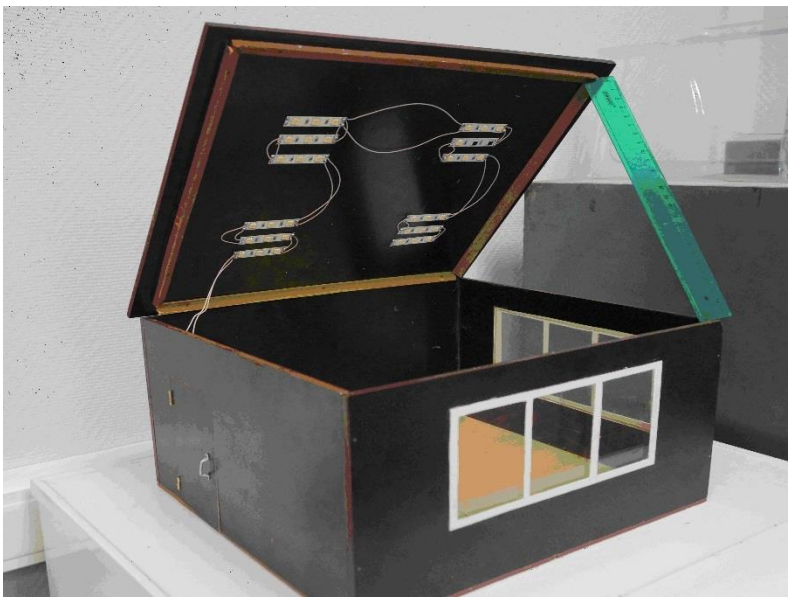


Рис. 4. Макет помещения.

**4. Внедрение и его перспективы**

Предложенная система эффективна в виду того, что для поддержания заданной освещённости не всегда требуется полная загрузка ламп по мощности, особенно в светлое время суток, а именно поддержание постоянного уровня освещённости осуществляется путём подачи различного напряжения на светильники. Данную систему можно внедрять в различные офисы, в средние и высшие учебные заведения, организации, которые заинтересованы в снижении затрат на энергопотребление и сохранение энергоресурсов.

**5. Список литературы**


[1]. 1 National Instruments. NI ELVIS: Учебный курс. – 2009
[2]. 2 Блюм П. LabVIEW. Стиль программирования. – 2008


**USING THE PLATFORM NI ELVIS II FOR DEVELOPING CONTROL SYSTEM POWER LED SPOTLIGHT**


A.T. Iarullin[1], M.V. Kolistratov[2], A.A. Sivkova[3]

1. *NUST "MISiS" 119991, Moscow, Leninsky Prospect, 4*
2. *NUST "MISiS" 119991, Moscow, Leninsky Prospect, 4*
3. *NUST "MISiS" 119991, Moscow, Leninsky Prospect, 4*



*The article discusses one way to reduce energy consumption through the use of power control system of LED lights. Program control and additional software is developed and tested in practice using NI ELVIS II educational prototyping platform and prototyping and programming environment LabView. The block diagram of an automatic lighting control system and describes the results of studies in different situations changes in natural lighting.*



*Keywords: NI ELVIS II, remote monitoring, lighting sensors, lighting control, energy consumption.*

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТОВОЛОКОННОГО ДАТЧИКА ВИБРАЦИИ

Шабров И.С., Сахабутдинов А.Ж., Нуреев И.И., Кузнецов А.А., Морозов О.Г.

*ФГБОУ ВПО Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань*

*В статье описана реализация оптоволоконного одноканального датчика вибрации, построенного на основе оптоволоконных ВБР контуров, широкополосного источника, фотодетектора и звуковой карты компьютера, используемой в качестве АЦП.*

*Ключевые слова: оптоволоконный датчик вибрации, ВБР контур, частота колебаний*

**Введение**

В литературе [1, 2] описаны варианты реализации датчиков вибрации, в качестве чувствительного элемента которых используется оптоволоконный датчик на основе волоконной брэгговской решетки (ВБР). Основной принцип измерения, заложенный в таких датчиках, заключается в измерении смещения центральной длины волны ВБР контура. Смещение центральной длины волны ВБР контура регистрируется с течением времени, далее подвергается преобразованию Фурье, которое дает главные частоты колебания, а в амплитуде смещения ВБР контура заложена амплитуда колебаний. Данный подход оправдан и с одной стороны дает хорошие результаты. К преимуществам этого подхода можно отнести возможность построения многоканального датчика вибрации, с разнесением чувствительных элементов (ВБР) по центральным длинам волн. Вместе с тем, этот подход имеет и ряд существенных недостатков, препятствующих широкому применению оптоволоконных датчиков вибрации, основанных на этом принципе. К недостаткам этого метода следует отнести дорогостоящую оптоволоконную часть схемы, необходимость определения центральной длины волны ВБР контура, низкую скорость определения центральной длины волны и, как следствие, крайне невысокий диапазон измеряемых частот. Промышленные интеррогаторы позволяют определять центральную длину волны ВБР контура не чаще, чем сто раз в секунду. Соответственно, и измеренные частоты могут быть не выше, чем 100 Гц (или 50 Гц, тут нужно как-то зацепиться к теореме Котельникова). Кроме того, стоимость оптоволоконного датчика вибрации, построенного на принципе определения смещения центральной длины волны, весьма дорога, поскольку в измерительную систему входит интеррогатор (прибор измерения центральной длины волны), который крайне не дешев и составляет до 95% стоимости всей измерительной системы.

**Постановка задачи**

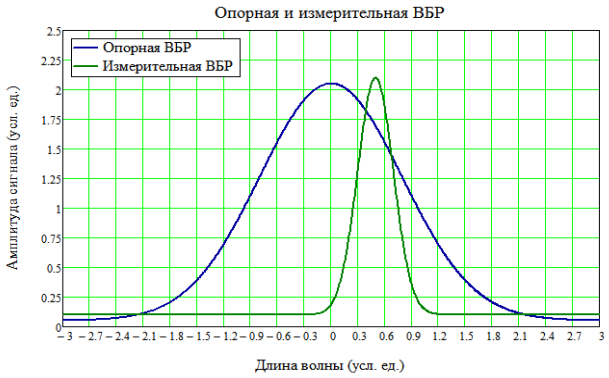
В задачу группы разработки входило создание оптоволоконного датчика вибрации, который с одной стороны был бы лишен всех недостатков измерительного принципа, построенного на определении смещения центральной длины волны ВБР, с другой стороны, необходимо было максимально удешевить всю измерительную систему. Для начала было принято решение отказаться от многоканальности датчика и построить одноканальный волоконный датчик вибрации, способный измерять частоты до 20 КГц, а стоимость компонентов измерительной схемы должна быть эквивалента стоимости компонентов традиционной измерительной системы.

Основной задачей исследовательской группы было отказ от дорогостоящего и медленного компонента измерительной системы – интеррогатора. В хоте работ были исследованы различные оптоэлектронные и механические схемы построения датчика вибрации. Многие из промежуточных вариантов схемы давали хорошие показатели по определению частот вибрации, но определение амплитуды колебаний вызывало серьезные сложности.

По результатам исследовательской работы разработан оптоволоконный датчик вибрации, который получил название «Виб-А», буква «А» в названии обозначает первую версию датчика, модели которого было решено именовать буквами латинского алфавита по порядку.

**Принцип действия**

В измерительной системе «Виб-А» присутствуют два ВБР контура, один из которых является опорным (контрольным), второй – измерительным. Полная ширина на половине высоты опорного ВБР контура должна быть как минимум в 4 раза шире, чем полная ширина на половине высоты измерительного ВБР контура. Центральная длина волны опорного ВБР контура может быть выбрана произвольно, а центральная длина волны измерительного ВБР контура должна быть смещена относительно центральной длины волны опорной ВБР на половину ширины на половине высоты, как это изображено на рисунке 1.




*Опорный и измерительный ВБР контур в невозмущенном состоянии*

Опорный ВБР контур не подвергается механическому воздействию, а на измерительный контур передается механическое воздействие в виде колебаний, которое заставляет измерительный ВБР контур сжиматься или растягиваться. Как следствие этого, измерительный ВБР контур изменяет свою центральную длину волны синхронно с механическим колебательным воздействием. Свет, проходящий по оптоволокну через оба (опорный и измерительный) контур меняет свою интенсивность, которая регистрируется на фотодетекторе. Опорный и измерительный контур могут быть подвержены дополнительному температурному воздействию, о компенсации влияния которого будет сказано ниже. Для начала рассмотрим случай, в предположении отсутствия температурного влияния на оба ВБР контура.

Опишем опорный ВБР контур функцией нормального распределения в виде (1):

$$\hat{B}(\lambda) = \frac{B_0}{\sigma_B \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\lambda-\mu_B)^2}{2\cdot\sigma_B^2}} + R_B \,. \tag{1}$$

Параметр $B_0$ в соотношении (1) определяет максимальную амплитуду контура, $\sigma_B$ – отвечает за добротность контура, $\mu_B$ – центральная длина волны, а $R_B$ – минимальный уровень сигнала.

Измерительный ВБР контур также описывается соотношением нормального распределения:

$$\hat{V}(\lambda) = \frac{V_0}{\sigma_V \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(\lambda-\mu_V)^2}{2\cdot\sigma_V^2}} + R_V \,. \tag{2}$$

Параметр $V_0$ в соотношении (2) определяет максимальную амплитуду измерительного контура, $\sigma_V$ – отвечает за добротность контура, $\mu_V$ – центральная длина волны, а $R_V$ – минимальный уровень сигнала.

Для того, чтобы найти условие взаимного расположения опорного и измерительного ВБР контуров, необходимо найти полную ширину на половине высоты опорного ВБР контура. Это легко сделать, решив уравнение (3):

$$H(\lambda) = \frac{B_0}{\sigma_B \sqrt{2\pi}} \cdot \left( e^{-\frac{(\lambda-\mu_B)^2}{2\cdot\sigma_B^2}} - \frac{1}{2} \right) + \frac{R_B}{2} = 0 \tag{3}$$

Решение уравнения (3) даст два значения $\lambda = \{\lambda_1, \lambda_2\}$, которые определяют абсциссы пересечения горизонтальной прямой на уровне половины высоты ВБР контура с самим контуром. Половина модуля разницы $\lambda_1$ и $\lambda_2$ даст величину необходимого смещения центральной длины волны измерительного контура относительно опорного:

$$\mu_V = \mu_B + \frac{|\lambda_1 + \lambda_1|}{2} \,, \tag{4}$$

где, $\lambda_1$ и $\lambda_2$ – корни уравнения (3).

**Разработка оптоэлектронной схемы**

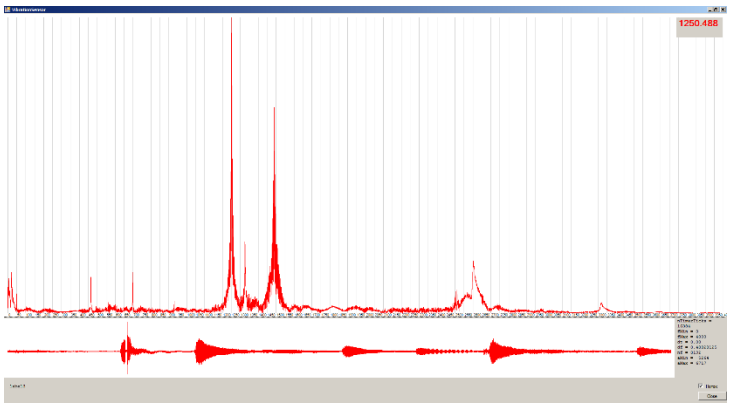
Лазерный источник генерирует непрерывный широкополосный свет в диапазоне длин волн опорного и измерительного ВБР контуров. Свет проходит через циркулятор и попадает на измерительный ВБР контур. Отраженный от измерительного контура ВБР оптический сигнал возвращается с другого плеча циркулятора, проходит через опорный ВБР контур и попадает на фотодетектор. Колебания интенсивности засветки на фотодетекторе регистрируются АЦП и передаются для обработки в компьютер или любой другой процессор для обработки.

Механические колебания от измеряемого объекта путем прямого контакта передаются на механические колебания участка оптоволокна с измерительным ВБР контуром, преобразуются в колебания интенсивности светового потока, которые затем регистрируются на фотодетекторе,

преобразуются в колебания электрического импульса и регистрируются на АЦП. Данные с АЦП в режиме реального времени передаются для обработки на компьютер.

**Определение частот**

Копия экрана рабочей программы регистрации колебаний приведена на рисунке 2. В верхней части экрана приведен спектр колебаний, а в нижней части амплитудно-временная диаграмма самого сигнала. В правой верхней части экрана рабочей программы показана максимальная (главная) частота. Спектр колебаний показывает все основные частоты и их амплитуды. Таким образом, задача определения частотной характеристики колебаний в «Виб-А» решена полностью. Приведенная на рисунке 4 диаграмма была сделана в условиях регистрации колебаний с частотой 8 КГц, что при разложении в ряд Фурье позволяет выделять частоты колебаний до 4 КГц. Нижний диапазон измерения частот составляет не менее 20 Гц. Точность определения частоты колебаний при частоте дискретизации сигнала в 8 КГц и количестве анализируемых данных $N = 2^{14}$ не превышает 0.49 Гц, что составляет 0.012% от шкалы измерения. Точность определения частот колебаний описывается стандартными зависимостями для дискретного преобразования Фурье.




*Экран рабочей программы регистрации частот колебаний*

В качестве тестирования системы на соответствие передаваемых частот использовался обычный генератор импульса и подключенный к нему динамик. Чувствительный элемент датчика вибрации «Виб-А» располагался в прямом контакте с динамиком, на динамик с генератора импульса подавался периодический гармонический сигнал с заданной частотой, который через оптоэлектронную схему «Виб-А» регистрировался на компьютере. Для всей серии экспериментов расхождения между заданной на генераторе частоты и частоты, регистрируемой «Виб-А», не превышали 1% от величины регистрируемой частоты в широком диапазоне измеряемых частот от 10 Гц до 4 КГц. Погрешность самого генератора импульса и погрешность динамика не рассматривались. Дополнительные контрольные измерения на вибрационном стенде позволят уточнить погрешности измерений частот.

**Выводы**

В результате исследовательской работы был получен одноканальный оптоволоконный датчик вибрации «Виб-А».

Датчик «Виб-А» обладает и рядом существенных преимуществ, которые делают его перспективным для дальнейшего развития и использования в промышленности. Приведем основные достоинства «Виб-А»:

1. Датчик «Виб-А» очень прост и дешев в реализации.
2. Датчик «Виб-А» способен измерять частоты от 10 Гц до 48 КГц. Диапазон измерений частот для датчика «Виб-А» на три порядка больше аналогичных оптоволоконных датчиков вибрации, построенных на принципе определения центральной длины волны ВБР. Верхний предел частоты измерения определяется лишь максимальной частотой дискретизации АЦП. Оптическая схема не накладывает никаких ограничений на определение частот колебаний.
3. Датчик «Виб-А» обеспечивает очень высокую точность в определении частот колебаний. Максимальная погрешность определения главных частот не превышает 1% от величины определяемой частоты.

**Литература:**

[1]. В.В. Шишкин, И.В. Гранёв, И.С. Шелемба, “Отечественный опыт производства и применения волоконно-оптических датчиков”, Прикладная фотоника, Т. 3, № 1, стр. 61-75, Апрель 2016.

[2]. V. V. Shishkin, V. S. Terentyev, D. S. Kharenko, A. V. Dostovalov, A. A. Wolf, V. A. Simonov, M. Yu. Fedotov, A. M. Shienok, I. S. Shelemba, S. A. Babin, “Fiber-optic sensors based on FBGs with increased sensitivity difference embedded in polymer composite material for separate strain and temperature measurements”, Proceedings of International Conference on Smart Infrastructure and Construction (ICSIC), 27-29 June 2016

# THE STUDY OF FREQUENCY CHARACTERISTICS OF THE OPTIC FABER VIBRATION SENSOR

Shabrov I.S., Sahabutdinov A.J., Nureev I.I., Kuznetsov A.A., Morozov O,G.

*Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev, Kazan, Russia*

*The article describes the implementation of a single-channel optical fiber vibration sensor, built on the basis of fiber-optic FBG circuits, broadband source, a photodetector, and the computer's sound card is used as the ADC.*

*Keywords: optical fiber vibration sensor, FBG circuit, the oscillation frequency*

# ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС ОБРАБОТКИ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ СИГНАЛОВ

М. И. Куценко

*ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет»*

*Данная статья посвящена разработке программного комплекса спектрального исследования сигналов акустической эмиссии. В работе описана инструментальная база и алгоритм программы. Комплекс является многофункциональным средством работы с акустико-эмиссионных данными, обеспечивает высокую точность анализа и скорость работы. Лицевая панель программы представлена удобным, понятным интерфейсом, что определяет минимальное количество действий для управления приложением.*

*Ключевые слова: акустическая эмиссия, спектральный анализ, характеристики сигнала.*

## 1. Постановка задачи

Акустико-эмиссионные (АЭ) методы дефектоскопии представляют большой интерес при мониторинге промышленных объектов, поскольку являются предупреждающими. Акустический сигнал представляет собой сложный, быстроизменяющийся во времени волновой процесс без выраженных характеристик. В силу данной особенности невозможно сформулировать однозначные выводы, исследуя временную форму сигнала [1]. Поэтому наиболее мощным инструментом изучения данных процессов является спектральный анализ (СА). Применение СА позволяет выявить характерные частоты для различных типов дефекта и обнаружить шумовую компоненту измерений. Таким образом для спектрального исследования АЭ данных требуется разработать программное обеспечение, соответствующее следующим требованиям: возможность изменения выборки сигнала и отображение результатов в режиме реального времени; удобный и многофункциональный интерфейс; расчёт основных энергетических параметров сигнала в соответствии с ГОСТ 27655-88 [2].

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программный модуль реализован в среде графического программирования LabVIEW 13.0.

## 3. Описание решения

Исследование АЭ сигналов осуществляется путём ввода ранее записанной в файл выборки. Принцип работы программы заключается в ожидании события, активируемого пользователем (рис. 1). На начальном этапе осуществляется ввод данных и установка границ выборки. В процессе изменения границ в непрерывном режиме осуществляется построение частотных характеристик в соответствии с преобразованием Фурье [3]:

$$F(\omega) = \int_{t_1}^{t_2} f(t) \cdot e^{-i\omega t}\, dt$$

В программе доступен автоматический режим работы, в котором приложение анализирует участки сигнала, превышающие шумовой порог и строит соответствующие спектры с распределением энергии по заданной полосе частот.

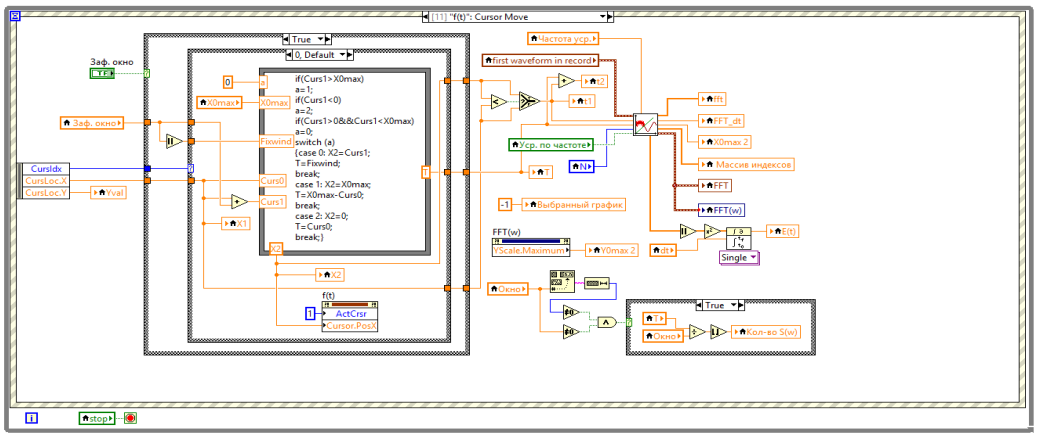



Рис. 1. Блок-диаграмма одного из пользовательских событий.

Сигналу АЭ и его спектру характерно большое число точек перегиба, поэтому зачастую невозможно выделить особенности процесса в реальном масштабе, а также установить необходимый интервал анализа. Для решения данной задачи была реализована функция масштабирования, которая осуществляет свёртку и развёртку сигнала относительно текущего положения курсора, что, в свою очередь, реализуется путём изменения минимума и максимума оси. Таким образом осуществляется наглядное отображение динамики процесса. Ниже представлен ряд формул, описывающих в общем виде функцию масштабирования.

$$S = \begin{cases} S + \Delta, 1 \leq S + \Delta \leq 100 \\ S \cdot 100^{-\alpha(\Delta)}, S < 1 \end{cases},$$

где S – масштаб, $\Delta$ – количество событий «Mouse Wheel», $\propto(\Delta)$ – некоторая функция, определяющая степень масштабирования.

Далее производится расчёт границ оси:

$$X_{min} = X_{coord} - d \cdot \frac{mp}{100}$$
$$X_{max} = X_{min} + d \quad ,$$

где $X_{min}, X_{max}$ соответственно расчётные минимум и максимум оси, $X_{coord}$ – текущая координата по оси, $mp = \frac{X_{coord} - X_{0min}}{(X_{0max} - X_{0min})/100}$ – процентное положение курсора мыши по оси, $d = \frac{S}{100} \cdot X_{0max}$ – текущая длина окна ($X_{max} - X_{min}$).

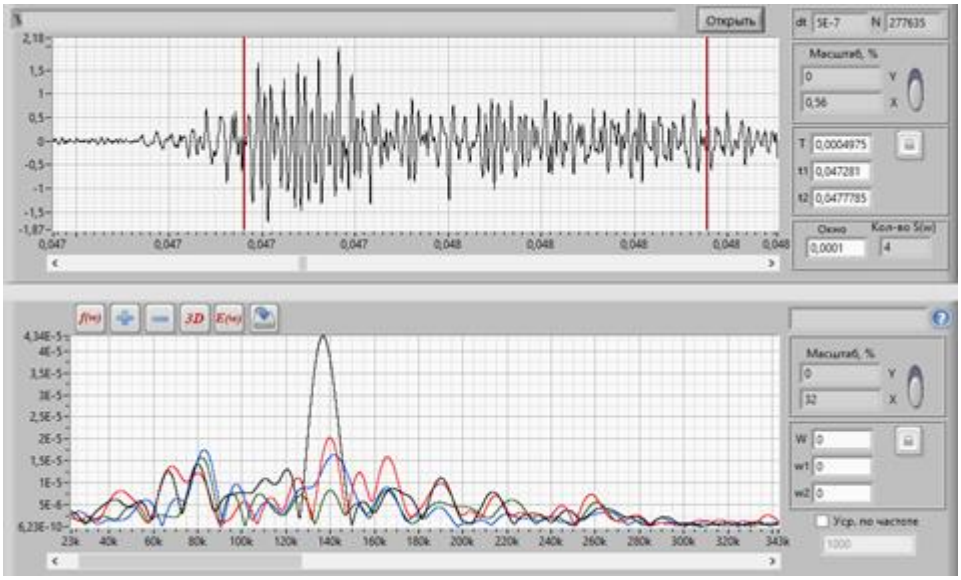



Рис. 2. Развёртка временной формы сигнала и его спектров по оси.

Аналогичным образом через расстановку границ анализируемого частотного диапазона производится расчёт необходимых параметров спектральной функции: энергия сигнала, заключённой в промежутке от $\omega_1$ до $\omega_2$, количество локальных экстремумов, длина кривой и т.д. Вычисление энергии осуществляется в соответствии с равенством Парсеваля [3]:

$$\int_{t_2}^{t_1} |f(t)|^2 dt = \int_{-\infty}^{+\infty} |\Im\{f(t)\}|^2 \, d\omega,$$

где $f(t)$ – функция времени сигнала, $\Im\{f(t)\}$ – непрерывное преобразование Фурье.

Дополнительный функционал программы включает в себя статистические характеристики, трёхмерный анализ, фильтрацию шумовых компонент и помех. Результаты дополнительных средств анализа отображаются в отдельных окнах, что реализовано с помощью асинхронного

запуска соответствующего виртуального прибора (ВП). Однако необходимо помнить, что данные, подаваемые на вход подпрограммы, являются статическими, поэтому при изменении анализируемого участка их необходимо обновлять повторным вызовом ВП. В целом комплекс является универсальным, что позволяет его использовать для анализа любых непериодических сигналов. На рис. 3 представлена одна из функций программы: построение спектральной плотности сигнала в зависимости от времени и частоты. Данное изображение наглядно демонстрирует вклад частотных компонент по времени, а также их амплитудное соотношение.

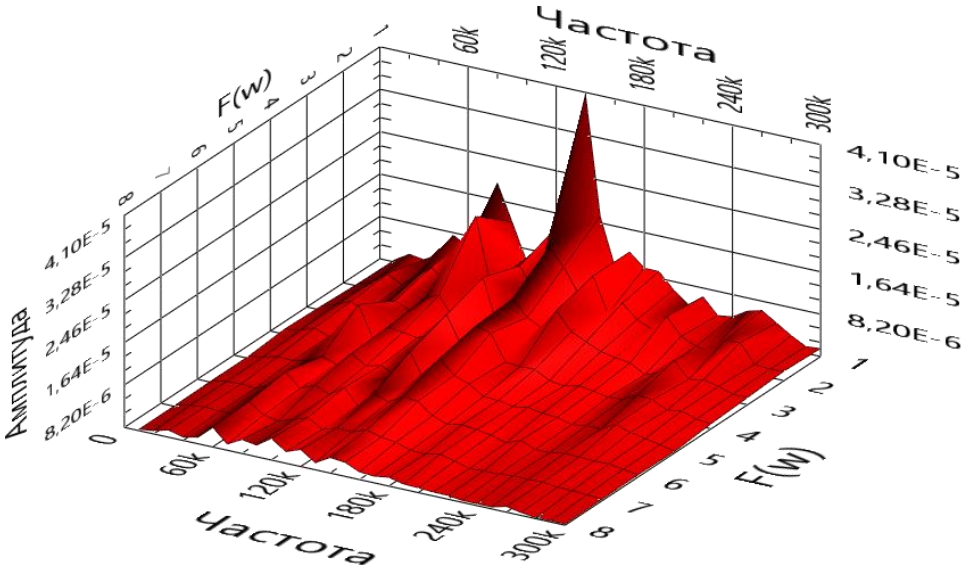



Рис. 3. Спектральная плотность сигнала, как функция $\mathfrak{F}(\omega, t)$.

## 4. Полученные результаты и перспективы развития

Разработанная программа спектрального анализа сигналов на данном этапе применяется для исследования АЭ процессов в твёрдых материалах. Данный комплекс может быть полезен при проведении лабораторных работ по дисциплинам «Автоматизация физического эксперимента» и «Неразрушающий контроль». В дальнейшем планируется расширить функционал программы, а именно обеспечить возможность интеллектуальной идентификации типов дефекта и его физических параметров. Также планируется использование программы при испытаниях на объекте для анализа АЭ сигналов в режиме реального времени непосредственно с выхода АЦП.

## 5. Список литературы


[1]. Концепция построения акустико-эмиссионных диагностических систем / В. Н. Овчарук. – Хабаровск : Изд-во Тихоокеан. гос. ун-та, 2015. – 253 с.

[2]. Акустическая эмиссия. Термины, определения и обозначения: ГОСТ 27655-88; Введ. 01.01.89. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 12 с.

[3]. Цифровая обработка сигналов / А. Б. Сергиенко – СПб.: Питер, 2002. – 608 с.: ил.


## RESEARCH COMPLEX OF ACOUSTIC EMISSION SIGNALS PROCESSING


M. I. Kutsenko

*FGBOU VPO «Pacific National University»*



*The article is devoted to develop the program complex of acoustic emission signals spectral researching. This paper describes instrumental base and program algorithm. This complex is a multifunctional tool to work with acoustic emission data, provides high accuracy and speed of analysis. Front panel of program is simple and understandable to use, which ensures minimal number of steps to control the application.*



*Keywords: acoustic emission, spectral analysis, signal characteristics.*

# КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКАХ ВИБРАЦИИ

Шабров И.С., Сахабутдинов А.Ж., Нуреев И.И., Кузнецов А.А., Морозов О.Г.

*ФГБОУ ВПО Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань*

*В статье описана методика реализации компенсации температуры при измерения вибрационных колебаний оптоволоконными датчиками вибрации.*

*Ключевые слова: оптоволоконный датчик вибрации, ВБР контур, компенсация температуры*

**Постановка задачи**

Изменение температурных условий может наложить ограничения на точность определения амплитуды вибрационных колебаний с помощью оптоволоконного датчика вибраций. Температурное воздействие, как на опорный, так и на измерительный, ВБР контур может привести к смещению измерительного контура относительно опорного, поскольку технически трудно обеспечить одинаковые температурные условия для обоих ВБР контуров.

Для компенсации этого недостатка была предложена схема подстройки положения опорного ВБР контура относительно измерительного так, чтобы среднее значение уровня сигнала, поступающего на фотодетектор, было постоянно. Для этого методом скользящей средней определяется среднее значение амплитуды уровня сигнала, поступающего на фотодетектор. Опорный ВБР контур располагается на элементе Пельтье. Путем нагрева или охлаждения элемента Пельтье, опорный ВБР контур подстраивается так, чтобы средний уровень сигнала, поступающий на фотодетектор, располагался в диапазоне своих средних значений. Что соответствует относительному расположению центральных длин волн ВБР контуров, так, чтобы относительное смещение центральной длины волны измерительного ВБР контура относительно опорного составляло половину ширины на половине высоты опорного ВБР контура.

**Предлагаемое решение**

Для подстройки центральной длины волны опорного ВБР контура применяется следующий алгоритм. Вычисляем скользящее среднее значение амплитуды сигнала, приходящего на фотодетектор:

$$\bar{I}(t) = \sum_{i=0}^{N-1} I(t_{M-i}) \cdot \omega_{M-i} \qquad (1)$$

где $I(t_{i-1})$ – значения величины тока на фотодетекторе, $N$ – количество отсчетов для определения скользящего среднего, а $\omega_{i-1}$ – нормированные весовые коэффициенты, $M$ – точка отсчета для которого считается скользящее среднее. Сумма весовых коэффициентов равна единице:

$$\sum_{i=0}^{N-1} \omega_{i-1} = 1 \qquad (2)$$

Для простоты можно использовать простое скользящее среднее, когда в качестве среднего значения выбирается среднее арифметическое значение:

$$\bar{I}(t) = \frac{1}{N} \sum_{i=0}^{N-1} I(t_{M-i}) = \frac{I(t_M) + I(t_{M-1}) + \ldots I(t_{M-i}) + \ldots + I(t_{M-N+2}) + I(t_{M-N+1})}{N} \qquad (3)$$

Или взвешенное скользящее среднее, с тем, чтобы последние по времени значения сделать более значимыми, например, линейно взвешенное скользящее среднее:

$$\bar{I}(t) = \frac{2}{N \cdot (N+1)} \sum_{i=0}^{N-1} (N-i) \cdot I(t_{M-i}) \qquad (4)$$

А точка, в которой считается значение скользящей средней, принимается равной последнему отсчету $M = N$.

Вычисленное тем или иным способом скользящее среднее значение считается равным средней величине мощности сигнала, поступающего на фотодетектор.

Мощность сигнала на фотодетекторе прямо пропорциональна величине тока, получаемого от фотодетектора на АЦП.

$$\bar{I}(t) = a \cdot F(t) + b\,, \tag{5}$$

где $a$ и $b$ – коэффициенты линейной зависимости.

Начальному, невозмущенному, взаимному расположению опорного и измерительного ВБР контуров соответствует определенное значение величины засветки на фотодетекторе или соответствующее ему значение величины тока – $\tilde{I}$ .

Если величина скользящего среднего значения тока на фотодетекторе $\bar{I}(t)$ отличается от величины тока засветки $\tilde{I}$ в невозмущенном состоянии, то будем считать, что измерительный ВБР контур находится в покое, а опорный ВБР контур необходимо сместить. Смещение опорного ВБР контура производится таким образом, чтобы модуль разности скользящего среднего значения тока и тока на выходе фотодетектора в невозмущенном состоянии были меньше изначально заданной погрешности:

$$\left|\bar{I}(t) - \tilde{I}\right| < \varepsilon\,. \tag{6}$$

Смещение опорного ББР контура производится путем подачи тока на элемент Пельтье. Направление смещения и величина тока и его полярность находятся из соотношения:

$$I_P(t) = \begin{cases} 0, & если \left|\bar{I}(t) - \tilde{I}\right| \le \varepsilon \\ I_P^+, & если\ \bar{I}(t) - \tilde{I} < -\varepsilon\,, \\ I_P^-, & если\ \bar{I}(t) - \tilde{I} > +\varepsilon \end{cases} \tag{7}$$

где ток $I_P^+$ на элемент Пельтье соответствует его нагреванию – смещению опорного ВБР контура в сторону увеличения центральной длины волны, ток $I_P^-$ – охлаждению, смещению опорного ВБР контура в сторону уменьшения центральной длины волны.

Величину скользящего среднего можно вычислять при получении данных с каждого отсчета АЦП фотодетектора. Вместе с тем, подстройка взаимного расположения центральных длин волн опорного и измерительного контуров, должна производиться с частотой заведомо ниже, чем нижний диапазон измерения частот датчика «Виб-А». Включение тока подстройки на элементе Пельтье производится с частотой, не превышающий нижний порог измерения частот, а отключение тока – в любой момент, как только условие $\left|\bar{I}(t) - \tilde{I}\right| < \varepsilon$ выполнено.

Для измерительного диапазона частот от 10 Гц до 4 КГц, подстройку взаимного расположения опорного и измерительного ВБР контура следует производить с частотой, не превышающей 1–2 Гц.

**Выводы**

[1]. Датчик «Виб-А» обладает невысокими требованиями к конструкции чувствительного элемента. Основными требованиями являются передача вибрации на участок волокна с чувствительным элементом и отсутствие собственных частот в измеряемом диапазоне частот.

[2]. Чувствительный элемент датчика «Виб-А» выполнен в виде концевого элемента оптического волокна, имеет небольшой геометрический размер, может быть использован в труднодоступных местах конструкций с малыми габаритами для посадочного места.

[3]. Использование элемента Пельтье в измерительной схеме позволяет произвести компенсацию влияния температуры на измерительную характеристику оптоволоконного латчика вибраций.

## TEMPERATURE COMPENSATION IN OPTICAL FIBER VIBRATION SENSOR

Shabrov I.S., Sahabutdinov A.J., Nureev I.I., Kuznetsov A.A., Morozov O,G.

*Kazan National Research Technical University named after A.N.Tupolev, Kazan, Russia*

*This article describes a method of implementing a temperature compensation when measuring vibrations fiber vibration sensors.*

*Keywords: optical fiber vibration sensor, FBG circuit, temperature compensation*

# КОМПЛЕКСНЫЙ ПРАКТИКУМ НА БАЗЕ ПРОГРАММ И АППАРАТУРЫ NATIONAL INSTRUMENTS – ОПЫТ ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕМАТИКИ

И. Р. Бучилко, Ю. Н. Новиков

*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, СПб*

*Статья посвящена комплексному лабораторному практикуму, сочетающему: (а) компьютерное Multisim-моделирование процессов в электронных устройствах и (б) экспериментальные исследования в лаборатории на оборудовании компании National Instruments – с использованием DAQ-платформы NI ELVIS и виртуальных LabVIEW-приборов. Акцентирована разработка учебной лабораторной работы по теме импульсных устройств на нелинейных двухполюсниках. Представлены результаты компьютерного моделирования и лабораторных исследований импульсных устройств разного вида. Сформулированы рекомендации по внедрению комплексных практикумов - сочетающих моделирование и измерения - в образовательные программы ВПО по направлениям подготовки электро-, радио-, связного профиля.*

*Ключевые слова: NI Multisim, Multisim-модель, DAQ-платформа NI ELVIS, LabVIEW-приборы, динистор, мультивибратор, таймер, триггер, генерация, деление частоты, синхронизация колебаний.*

## 1. Введение, актуальность темы

В лабораториях российских университетов появляются высокотехнологичные программно-аппаратные комплексы. Показателен опыт Политехнического университета (Санкт-Петербург) - здесь организован Учебно-методический Центр «National Instruments - Политехник». Центр оборудован аппаратурой и программами компании National Instruments, актуальными для образовательной деятельности. Компьютеры учебной лаборатории Центра управляют DAQ-платформами NI ELVIS [1]. Аппаратурный анализ процессов в цепях, собранных на DAQ-платформе, выполняют виртуальными LabVIEW-приборам. На компьютерах развернута среда компьютерного моделирования NI Multisim [2, 3]. Все это в совокупности мотивирует постановку лабораторных практикумов по дисциплинам электро-, радио-, связного профиля на новой методической основе, побуждает внедрять высокотехнологичные ресурсы в учебный процесс. В этом плане актуально комплексирование: целесообразно строить лабораторные практикумы, сочетающие, с одной стороны, компьютерное моделирование процессов в цепях, с другой стороны – аппаратурный анализ функционирования устройств на DAQ-платформе ELVIS виртуальными LabVIEW-приборами. Моделирование процессов в электронных системах позволяет выполнить на компьютере серию опытов, предусмотренных программой лабораторных занятий, воспользоваться модельными экспериментами для анализа полученных в лаборатории результатов. В сочетании с аппаратурным DAQ-анализом реальной цепи получаем новое методическое качество практикумов дисциплин электронной тематики.

## 2. Постановка задачи

Для комплексирования лабораторного практикума выбрана лабораторная работа по теме цепей с нелинейным двухполюсником - динистором (двухэлектродным тиристором) [4]. Располагая программно-аппаратными средствами National Instruments, на ее основе можно строить комплексный лабораторный практикум, позволяющий: выяснить свойства нелинейных двухполюсников с падающей ветвью вольтамперной характеристики, узнать принципы функционирования наиболее характерных импульсных устройств. Используя малый набор элементов, здесь удается собирать импульсные устройства разных видов: мультивибратор, таймер, триггер. Исследовать генерацию колебаний, деление частоты, синхронизацию колебаний, в том числе, в кратном отношении частот запуска и генерации. Для достижения этих целей студентам надлежит выполнять компьютерное моделирование устройств, подлежащих исследованию в лаборатории, собирать разные цепи с динистором, анализировать процессы в импульсных устройствах разного вида.

## 3. Используемое оборудование и программное обеспечение

Программные пакеты: NI Multisim, NI LabView. Аппаратура: DAQ-платформа NI ELVIS II.

## 4. Описание решения

**Компьютерная Multisim-модель**. Задача моделирования, сначала казавшаяся несложной, выявила проблему. В Multisim-базе элементов не обнаружили динистор, подобный тем, которые используются в лабораторной установке. Принято решение - использовать модель тиристора, но замкнуть на катод управляющий электрод и модифицировать SPICE-модель элемента.

Далее: напрямую «скопировать» опыт учебной лаборатории традиционного формата на DAQ-платформе ELVIS не удалось. Причина в том, что в наборе приборов ELVIS отсутствует источник напряжения, обеспечивающий десятки вольт, которые необходимы для работы мультивибратора.

Для питания цепей динистора было решено использовать генератор тока. Возможные схемы: токовые зеркала на транзисторах, генераторы тока на полевом транзисторе (ПТ), интегральные стабилизаторы. Изучение этих вариантов привело к нужному результату: схемы на транзисторах справляются с поставленной задачей и генерируют напряжение и ток, необходимые для попадания в точку ВАХ, обеспечивающую автоколебательный режим. Успешную работу продемонстрировали токовые зеркала на транзисторах ВС547, КТ814Г, а также простейшие ГСТ на полевых транзисторах SK246, J112, КП364. Перспективным представляется использование так называемых диодных стабилизаторов типа 1N5292 и интегральных микросхем TL011.

Модели разного вида строились в формате ELVIS-сборка. В финальной версии Multisim-модели (рис. 1) для питания цепи использован генератор тока на ПТ 2N5485, подключенный к источнику напряжения +15 В. Моделирование процессов в разных режимах, реализованных для динистора, позволило прийти к выводу: все пункты лабораторной работы достоверно и наглядно моделируются. На рис. 2 показаны Multisim-осциллограммы ждущего мультивибратора в режиме деления частот.

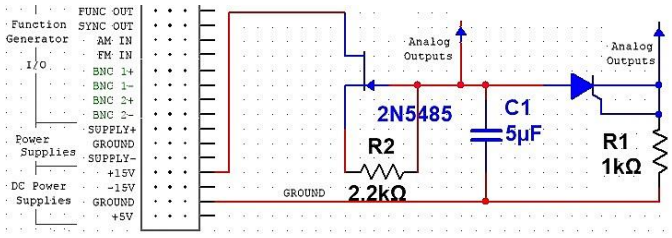



**Рис. 1.** Multisim-модель мультивибратора на динисторе

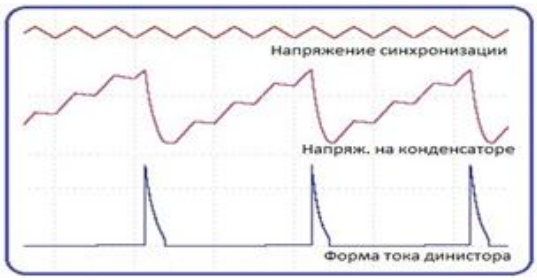



**Рис. 2.** Multisim-осциллограммы ждущего мультивибратора: режим деления частоты

**Опыты на платформе ELVIS**. Цепь, собранная на платформе ELVIS (рис. 3), хотя и немного теряет в наглядности, что свойственно сборкам на *breadboard*, однако количество элементов, из которых составляют импульсные устройства на динисторах, мало, и схемы цепей понятны. Физические процессы DAQ-платформа позволяет воспроизводить весьма наглядно. Это иллюстрируют LabVIEW-осциллограмма автоколебательного мультивибратора (рис. 4).

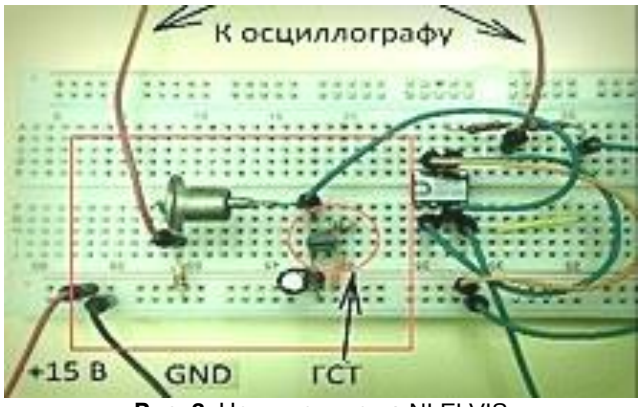



**Рис. 3.** Цепь в опыте на NI ELVIS

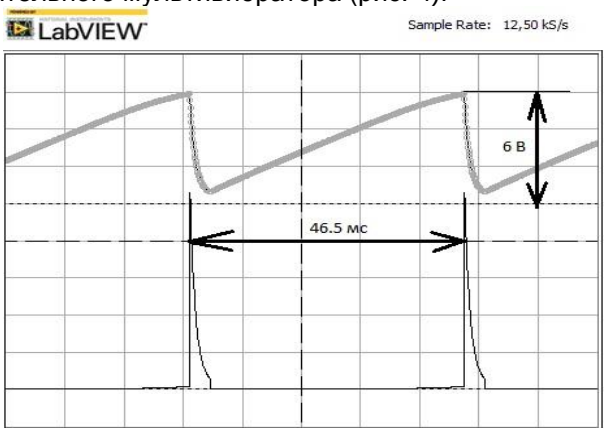



**Рис. 4.** LabVIEW -осциллограммы синхронизации колебаний мультивибратора

При компьютерном моделировании процессов включение Multisim-осциллографа в режим XY позволяет наблюдать фазовую траекторию автоколебательного режима. По сути, видим отражение вольт-амперной характеристики динистора. Траектория движения точки позволяет зафиксировать и измерить напряжения и токи «включения» и «остаточные». Это важный пункт исследования. Однако LabVIIEW-приборы, поддерживающие опыты на ELVIS-платформе, в настоящее время не содержат графопостроитель, обеспечивающий исследование процессов в режиме XY. Чтобы обеспечить наблюдение фазовых траекторий, потребовалось изменить блок-схему LabVIEW-осциллографа из приборного парка ELVIS. Новый прибор построен и включен в состав аппаратуры DAQ-платформы, он позволяет наглядно изучать развитие процессов на фазовой плоскости (рис. 5).

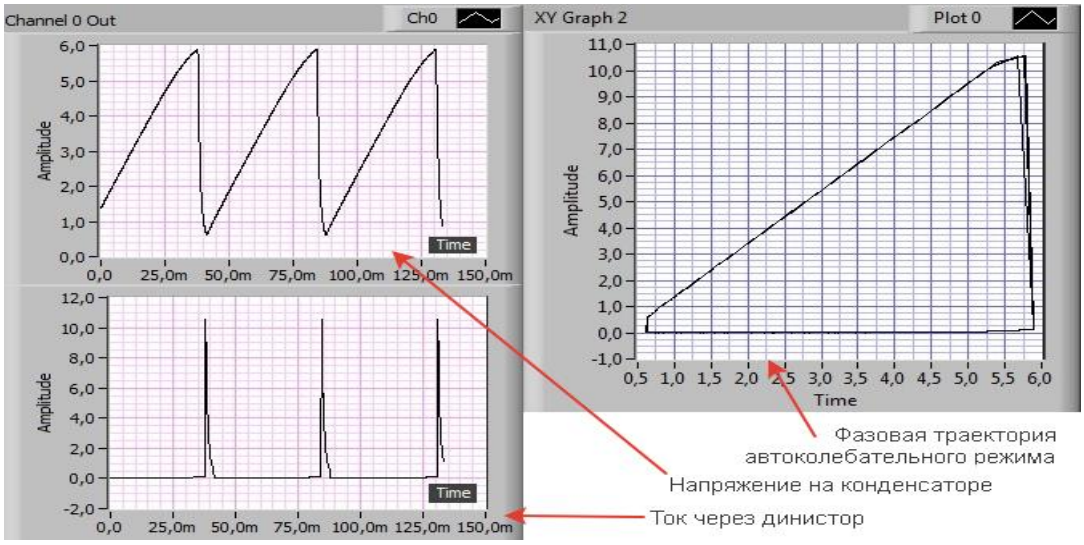



**Рис. 5.** Осциллограммы колебаний мультивибратора на приборе, включенном в состав платформы ELVIS

## 5. Вывод

В статье обсуждается опыт построения комплексных лабораторных практикумов - сочетающих и моделирование электронных устройств, процессов в среде NI Multisim, и эксперименты на DAQ-платформе NI ELVIS II, оснащенной виртуальными LabVIEW-приборами. Затруднения, которые могут возникать на этапе формирования подобных практикумов, и пути их преодоления рассмотрены на примере учебной лабораторной работы тематики импульсных устройств на нелинейных двухполюсниках тиристорной группы, конкретно – на двухэлектродном тиристоре (динисторе). Выбор работы обусловлен широким интересом к данной теме – она включена в программы дисциплин электо-, радио-, связных профилей ряда направлений подготовки ВПО. В данной лабораторной работе моделирование и эксперименты с использованием NI-технологий эффективно и наглядно «комплексируются», что позволяет на опыте частной задачи выявить сведения общего характера полезные для внедрения в программы лабораторных практикумов электронной тематики. Итоги выполненных исследований позволили сформулировать рекомендации по внедрению комплексных практикумов - сочетающих моделирование и измерения на базе NI-технологий - в образовательные программы направлений подготовки электро-, радио-, связного профиля.

## 6. Список литературы

[1]. NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVISTM II Series) User Manual.- http://www.ni.com/pdf/manuals/374629c.pdf.- 2016.
[2]. NI Multisim User Manual. - http://www.ni.com/pdf/manuals/374483d.pdf.- Интернет-ресурс, 2015.
[3]. Новиков Ю. Н. Компьютерное моделирование электрических цепей. – В кн.: Новиков Ю. Н. Основные понятия и законы теории цепей, методы анализа. Учеб. пособие. СПб.: Лань, 2011.
[4]. Б. А. Мартынов. Тиристорные импульсные устройства.: Методические указания к лабораторной работе/ Санкт-Петерб. гос. техн. ун-т. Санкт- Петербург, 1991-32с.

**Complex-combination laboratory practice on the National instruments-technologies - the experience implantation for electronics laboratory**

I. R. Buchilko, Iurii N. Novikov
*Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, St. Petersburg, Russia*

*The article is devoted to the complex laboratory practical work consisting of: (a) computer Multisim-modeling operation of processes in electronic devices and (b) experimental studies in the laboratory on the equipment of National Instruments – using the NI ELVIS DAQ-platform and the virtual LabVIEW-devices. Development of educational laboratory work on a subject of pulse devices on non-linear dipoles is accented. The results of computer simulation and laboratory researches of pulse devices of a different types are presented. Recommendations for introduction of the complex works combining simulation and measurements in educational programs of higher education are formulated.*

*Keywords: NI Multisim, Multisim-model, DAQ platform NI ELVIS, LabVIEW-devices, thyristor-flop, timer, trigger generation, frequency division, synchronization fluctuations.*

# ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ НАНОСТРУКТУР

К.И. Конов[1,2], М.В. Матвеева[1], Т.В. Сидорова[1], О.Е. Малинова[1]

*1. НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва*
*2. МПГУ, г. Москва*

*В статье рассматривается процесс создания программного обеспечения для управления лабораторной установкой, созданной на основе оборудования компаний Ophir и ThorLabs. Установка позволяет проводить измерение мощности электромагнитного излучения оптического диапазона, проходящего через наноструктуры. В качестве универсального интерфейса, связывающего все элементы установки, был выбран программный пакет LabVIEW.*

*Ключевые слова:* Ophir, *LabVIEW, создание ПО, лабораторная установка.*

## 1. Постановка задачи

Исследуемые наноструктуры представляют собой проводящие устройства на входах которых расположены дифракционные решётки. Электромагнитная волна падает на первый вход, проходит через наноструктуру с низкими внутренними оптическими потерями и выходит со второго входа [1].

Дифракционные решетки характеризуются периодом и фактором заполнения. Представляют особый интерес экспериментальные исследования зависимости мощности, получаемой со второго входа наноструктуры от параметров дифракционных решеток расположенных на входах устройства.

Работа посвящена созданию и практической реализации алгоритма управления лабораторной установкой.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2014. Для практической реализации алгоритма был использован лазер с рабочей длиной волны 1550 нм, измеритель мощности Ophir Vega P/N 7Z01560, комплект оборудования ThorLabs, соединительные оптические кабели.

## 3. Описание решения

Лабораторная установка схематично изображена на рис. 1.

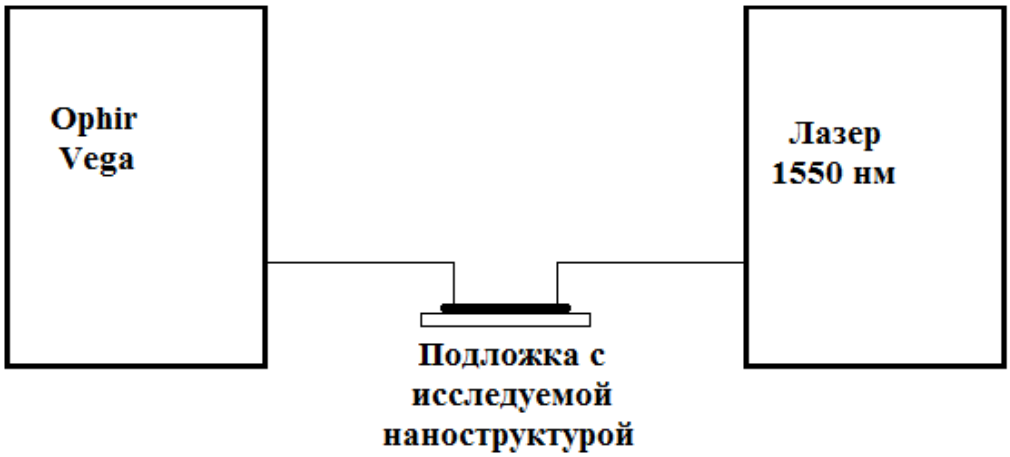



Рис. 1. Лабораторная установка.

С лазера по оптоволоконному кабелю на первый вход, представляющий собой дифракционную решетку, исследуемой наноструктуры подается электромагнитное излучение с длиной волны 1550 нм. Излучение проходит через наноструктуру, далее через вторую дифракционную решетку (второй выход) и, по оптоволокну, поступает на измеритель мощности. Такая установка позволяет измерять мощность излучения, полученного со второго входа и исследовать её зависимость от таких характеристик дифракционных решёток как период и фактор заполнения.

Лазер подключен к ПК и управляется с помощью программы на LabVIEW 2014, позволяющей устанавливать требуемую мощность и длину волны. Данные, поступающие на измеритель мощности в режиме реального времени переводятся на экран ПК и, по желанию пользователя, могут быть сохранены в текстовый файл [2]. Алгоритм представлен на рис. 2. При нажатии на клавишу button 8 на пульте управления, срабатывает блок условия. Числовые данные поступают на обработку в блок конвертации данных и переводятся в экспоненциальный формат, что позволяет проводить их дальнейшую обработку в разных математических системах. Далее составляется массив данных для записи в файл. В файл записывается полученное значение мощности и идентификационный номер исследуемой структуры.

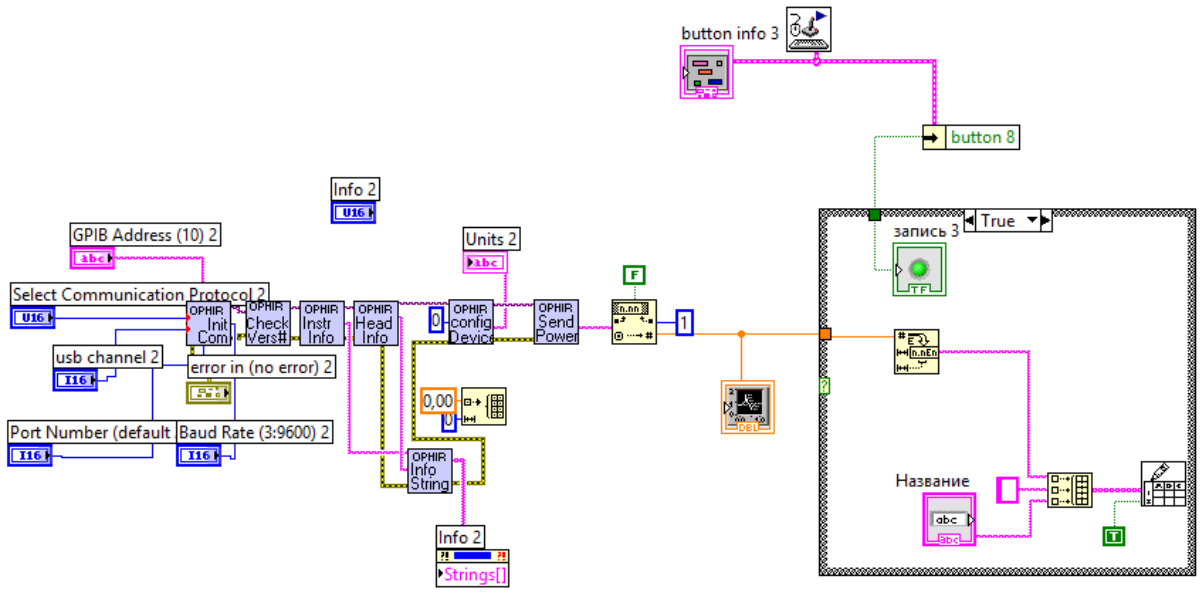



Рис. 2. Алгоритм демонстрации данных и сохранения в файл.

На рис. 3 представлен пример результата измерений, после обработки данных в Origin. По оси OX отложен фактор заполнения FF, причем $\Delta FF$ составляет 27 процентов от значения FF, по оси OУ отложен период дифракционной решётки, причем $\Delta T$ составляет 2 процента от значения T. По оси OZ отложена измеренная мощность в Вт.

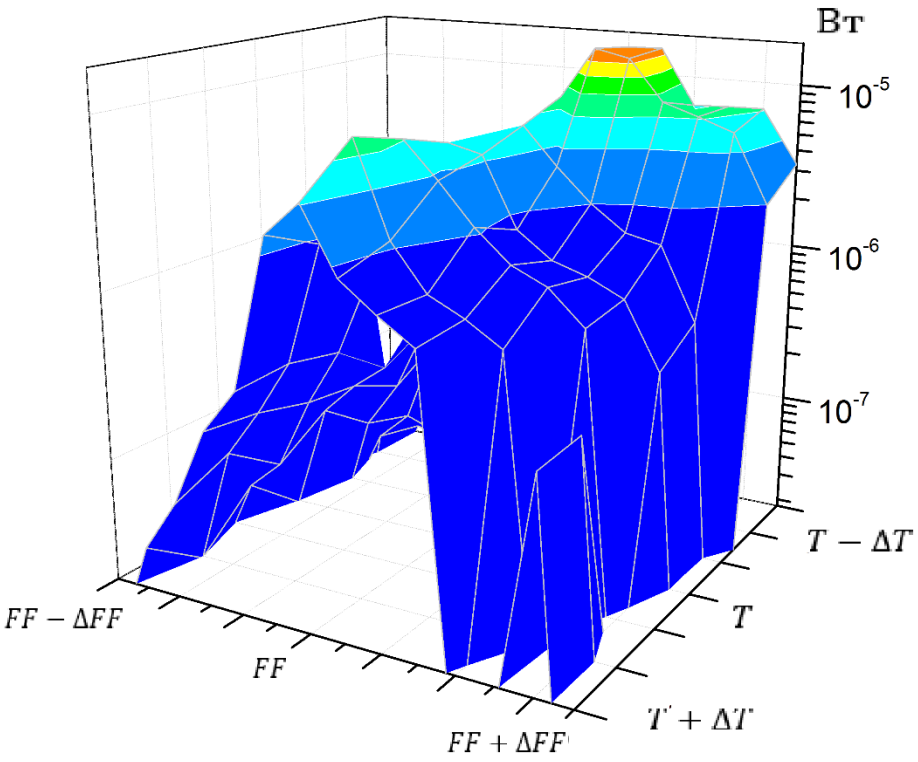



Рис. 3. Результат измерений.

Созданный алгоритм управления лабораторной установкой был успешно апробирован и показал хорошие результаты, существенно упростив процесс измерения.

**4. Список литературы**

[1]. Ю.А. Кравцев, Ю.И. Орлов. Геометрическая оптика неоднородных сред. – М. Наука, 1980
[2]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments

**LABORATORY APPARATUS FOR MEASURING CHARACTERISTICS OF THE OPTICAL NANOSTRUCTURES**

K.I.Konov[1,2], M.V. Matveeva[1], T.V. Sidorova[1], O.E. Malinova[1]

*1. NRU "Higher School of economics, Moscow, Russia*
*2. MSPU, Moscow, Russia*

*The article discusses the process of creating software for managing laboratory apparatus, created on the basis of equipment of Ophir and ThorLabs companies. The apparatus allows to measure the power of electromagnetic radiation in the optical range, passing through the nanostructures. As a universal interface that connects all the elements of the apparatus, the LabVIEW software package has been selected.*

*Keywords: Ophir, LabView, creation of software, laboratory apparatus*

# МИНИ – ГИРОСКУТЕР НА ОСНОВЕ MYRIO - 1900

Брыков Д.А, Арнст Ю.Ю., Чубиков А.М., Хмелёв В.А., Балсанов А.В., Шагдыров А.И.

*ФГАОУ ВО НИ ТПУ, г. Томск*

*В статье рассматривается процесс разработки, конструирования балансирующего двухколесного робота (гироскутера). Приведена развернутая схема прибора.*

*Ключевые слова: NI MyRIO-1900, гироскоп, системы стабилизации, образование*

## 1. Введение

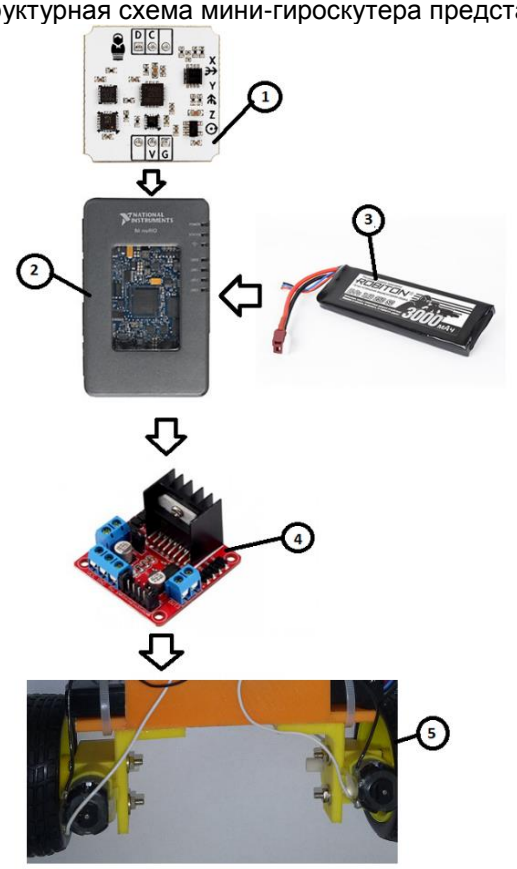
Современный уровень развития техники и технологий позволяет достичь высокой точности стабилизации и ориентации в пространстве. Это стало возможно, благодаря таким устройствам, как акселерометр и гироскоп. На сегодняшний день невозможно представить не один объект, который смог преодолеть земное притяжение без этих устройств. Без них не было возможно полета и ориентация в космос. Так, что развитие этого направления активно развивалась и развивается до сих пор. Так же гироскопы и акселерометры можно использовать для создания систем, направленных на передвижение человека (либо объекта) на любые расстояния. Такие системы можно использовать для развлечений и облегчения нашей с вами жизни. В работе рассматривается прототип гироскутера, созданного студентами первого курса в рамках дисциплины «Творческий проект».

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Для создания мини-гироскутера была использованная платформа NI MyRIO-1900, акселерометр, встроенный в платформу NI MyRIO-1900, трёхосный гироскоп L3G4200D, драйвер L298N и двигатели постоянного тока. Программное обеспечение написано в среде программирования NI LabVIEW. Программа T-FLEX CAD была использована для создания 3D модели корпуса, в дальнейшем использована для печати корпуса. Для питания системы использовался аккумулятор LP-STB2-3000.

## 3. Описание решения

Структурная схема мини-гироскутера представлена на рис.1




1 - трёхосный гироскоп L3G4200D. 2 - NI MyRIO-1900. 3 - аккумулятор LP-STB2-3000.
4 - драйвер L298N. 5 - двигатели постоянного тока.
Рис.1 – Структурная схема мини-гироскутера

Принцип работы мини-гироскутера. Сигналы, получаемые с гироскопа (1) и акселерометра, встроенного в платформу NI MyRIO-1900, передаётся на саму платформу (2), и с помощью показаний данных средств измерений можно судить о скорости, необходимой для поддержания всей системы в равновесии. Затем программа, написанная на языке LabVIEW, находящаяся на платформе (2), обрабатывает данные сигналы и выдаёт, нужный для поддержания равновесия системы ШИМ на драйвер (4). Затем от драйвера сигнал переходит на двигатели, и система стабилизируется. Мини-гироскутер может управляется человеком с помощью ноутбука по Wi-fi сети.

На рис. 2 представлен элемент блок-диаграммы, отвечающий за работу гироскопа, написанной на языке графического программирования LabVIEW.

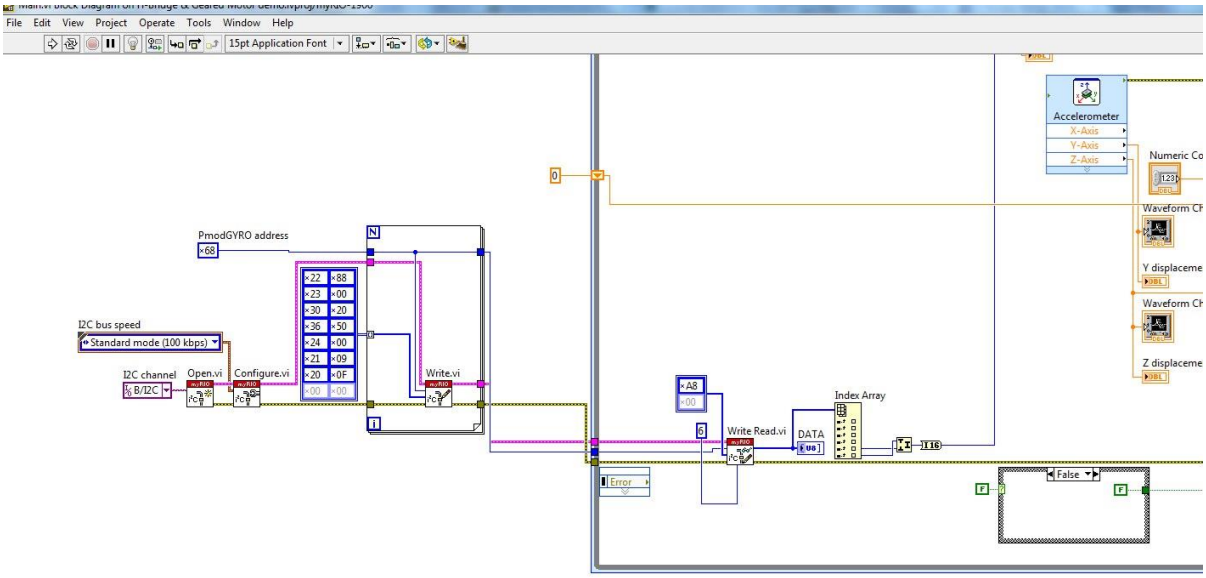



Рис. 2 – Фрагмент блок-диаграммы, отвечающий за работу гироскопа

На рис. 3 представлен элемент блок-диаграммы, отвечающий за обработку данных с датчиков и управления двигателями.

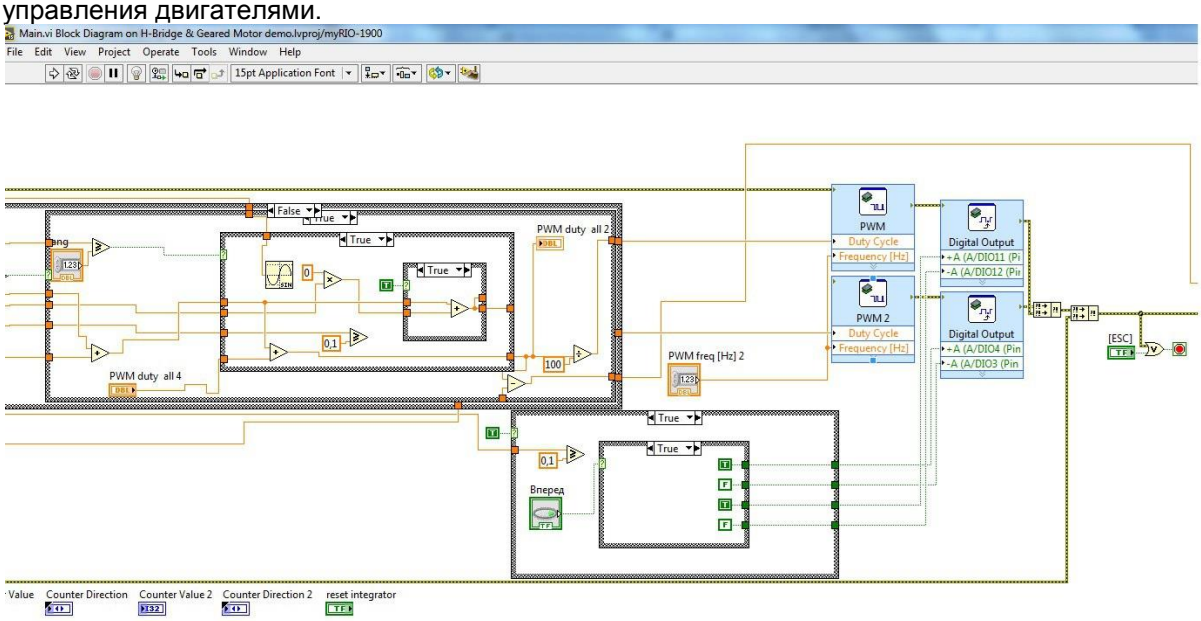



Рис. 3 – Фрагмент блок-диаграммы, отвечающий за обработку данных с датчиков и управления двигателями

Данные полученные с гироскопа, поступившие на платформу NI MyRIO-1900 обрабатываются в программе, представленные на рисунке 2. Обработанные данные поступают на блок двигателя (Рисунок 3) и изменяю скважность ШИМ сигнала двигателей.

**4. Перспективы развития**

В настоящее время нами ведется разработка полноразмерного гироскутера на основе NI MyRIO-1900 для передвижения человека. Такое решение способствуют снижению нагрузку на ноги, что так необходимо для людей в возрасте, и вызовет интерес у молодежи. В дальнейшем имеется перспектива разработки системы на одном колесе.

**5. Список литературы**


[1]. В. С. Величко, В. И. Ухоботов. Построение на базе нечеткой логистики стабилизирующего управление маятника.

[2]. Белецкий, В. В. Двуногая ходьба: модельные задачи динамики и управления / В. В. Белецкий. _ М. : Наука, 1984. _ 288 с.

[3]. Гришин А. А. О синтезе управления неустойчивым объектом. Перевернутый маятник / А. А. Гришин, А. В. Ленский, Д. Е. Охоцимский и др. //Изв. РАН. Теория и системы управления. _ 2002. № 5._ С. 14–24.

[4]. Киселев В. В. Синтез управления в одной задаче уклонения от встречи на базе нечеткой логики / В. В. Киселев, В. И. Ухоботов // Изв. Ин-та математики и информатики Удмурт. гос. ун-та. _ 2000. _№ 19. С. 73–82.

[5]. Заде, Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенных решений / Л. А. Заде. _ М. : Мир, 1976. _ 161 с.

[6]. Ухоботов, В. И. Избранные главы теории нечетких множеств : учеб. пособие / В. И. Ухоботов. _ Челябинск : Изд-во Челяб. гос. ун-та, 2011. —245 с.

[7]. Мартыненко, Ю. Г. Маятник на подвижном основании / Ю. Г. Мартыненко, А. М. Формальский // Докл. Акад. наук. 2011. Т. 439, № 6. С. 746–751.


## MINI - GYROSCOOTER BASED ON NI MYRIO-1900


Brykov D.A., Arnst J.J., Chubikov A.M., Khmelev V.A., Balsanov A.V., Shagdyrov A.I.

FGAOU VO NI TPU, 634050, Tomsk, Russia



*This article describes the process of development and construction of balancing two-wheeled robot (gyroscooter). Detailed layout of the device is presented in this article.*



*Key words: NI MyRIO-1900, gyroscope, system of stabilization, education*

# ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ В СРЕДЕ LabVIEW

Н. Н. Абелашвили[1], Н. Н. Абелашвили[2]

1.Грузинский Технический Университет, г. Тбилиси
2. Австрийское инженерное консультативное бюро “ILF beratende Ingenieure Gmbh” г. Тбилиси

*В докладе рассматриваются вопросы проведения лабораторией провайдером, межлабораторных испытаний (МИ), обработки полученных результатов на приемлемость и соответствие к критериям соответствия требованиям нормативных документов, а также задача обеспечения получения вывода о целесообразности применения измерительных средств на основе анализа данных.*

*Ключевое слова: межлабораторные испытания, лаборатория провайдер, неопределенность, критерии оценки.*

**1. Постановка задачи**

Проведение МИ является требованием международного стандарта ISO 17043, который должен проводится периодический во всех аккредитованных лабораториях с целью выявления разброса результатов измерения и оценки компетентности участвующих в МИ лабораторий. Среди подлежащих контролю параметров важнейшим является величина физического значения исследуемого опытного образца, для которого после многократных наблюдений вычисляется его среднее значение – результат измерения. С помощью полученных данных вычисляется критерий приемлемости и критерии гомогенности с целью установления возможности объединения данных в одной группе, кроме этого на этом этапе определяется закон распределения результатов измерения и неопределенности измерений типа А, типа В, стандартные, суммарные и расширенные.

**2. Описание решения**

На основе полученных результатов экспериментальных данных, для каждой участвующей лаборатории происходит сравнение результатов с результатами, полученными лабораторией провайдера и определяется следующие числовые показатели и критерии:

1. Абсолютные и процентные разницы, полученных результатов, между лабораториями участника и провайдера;
2. Числовой показатель z, который представляет собой отношение разницы результатов измерений между лабораториями провайдера и участника с стандартной неопределенности контрольного образца провайдера;

Полученное значение z является числовым показателем оценочного критерия, который определяет выводы оценки МИ, если:

- |z|≤2,0 указывает на удовлетворительные характеристики функционирования и не требует проведения дополнительных мероприятии;
- 2,0≤|z|≤3,0 указывает на сомнительные характеристики функционирования и требует проведение превентивных мероприятии;
- |z|≥3,0 указывает на не удовлетворительные характеристики функционирования и требует проведения корректирующих мероприятии;

3. Числовой показатель $E_n$, представляет собой отношение разницы результатов измерений между лабораториями провайдера и участника к квадратному корню с суммы квадратов расширенной неопределенности.

Числовой показатель $E_n$ так же является числовым показателем оценочного критерия, который определяет выводы оценки МИ, если:

|En |≤1,0 - указывает на удовлетворительные характеристики функционирования и не требует проведения дополнительных мероприятии;

|En |>1,0 - указывает на неудовлетворительные характеристики функционирования и требует проведение корректирующих мероприятии;

Обработка результатов измерения описанным алгоритмом осуществляется для всех лаборатории участников МИ, количество которых в зависимости от вида параметра измерения может достигать до двух десятков, поэтому для реализации испытаний разработана программное обеспечение в среде LabVIEW, передняя панель которого представлена на рис.1

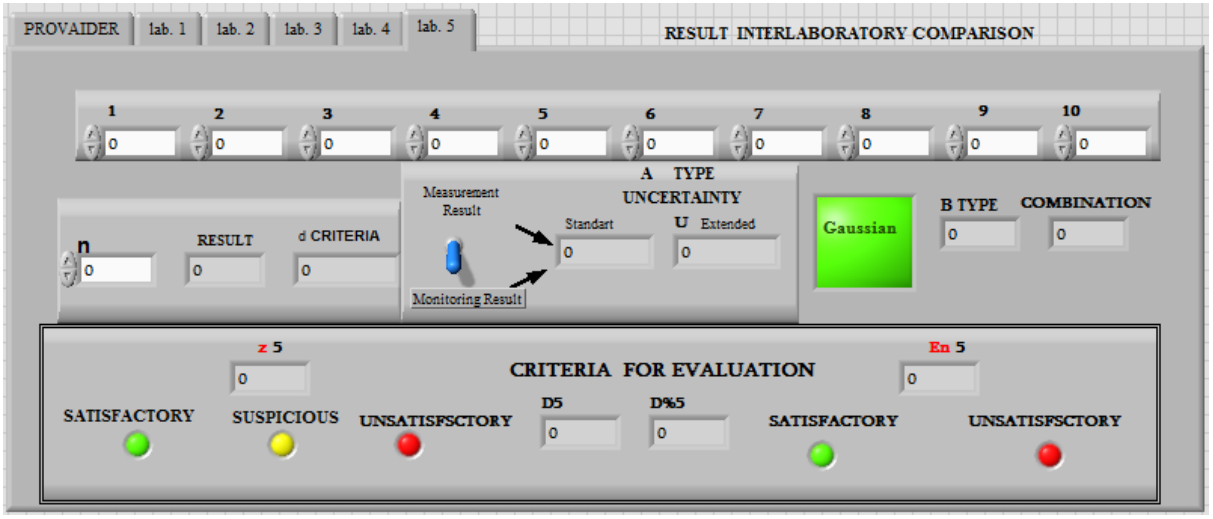



рис.1. Передняя панель VI для предоставления результатов межлабораторных испытаний

Передняя панель VI представляет общий формат МИ, выполненных на базе элемента Containers>> Tab Control, который в данном случае состоит из 6 страниц. На первой странице представляются результаты испытаний контрольного образца т.е. лаборатория провайдера, а на остальных лаборатории - количество участников которых можно менять в зависимости от их числа.

На каждом листе Tab Control представлены десять входных элементов (Numeric Control) для ввода десяти результатов наблюдений (1-10) и входной элемент для ввода числа проведенных наблюдений (n). Здесь же расположены индикационные элементы (Numeric Indicator) для индикаций результатов измерений и вычислений среди них:

- RESULT – Среднеарифметическое всех наблюдений;
- d CRITERIA – Критерии для оценки гипотезы характера распределения результатов наблюдений;
- GAUSSIAN – Индикатор для индикации характера распределения результатов наблюдений (случайных величин);
- Переключатель Measurement Result – Monitoring Result для переключения индикатора Standard с индикацией значения стандартной неопределённости результатов наблюдения и результатов измерения;

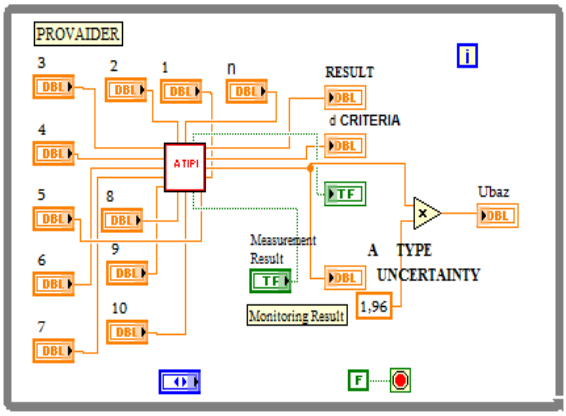



рис.2. Блок-диаграмма для лаборатории провайдера

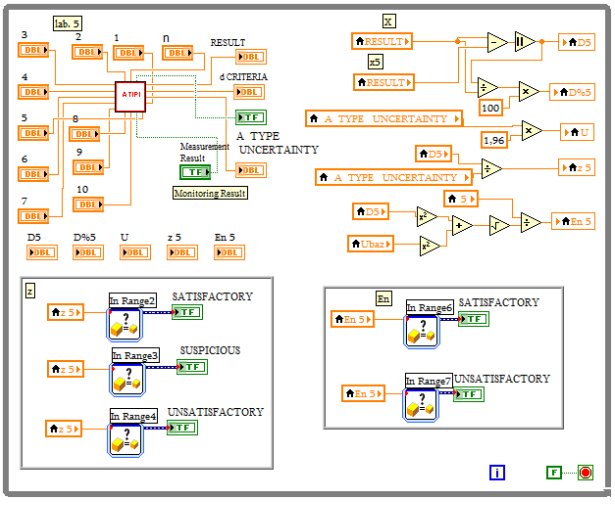



рис.3. Блок-диаграмма для лаборатории участников

- U Extended - Индикатор для индикации величины расширенной неопределённости;
- B TYPE - Индикатор для индикации величины неопределённости типа B;
- COMBINATION - Индикатор для индикации величины суммарной неопределённости.

На листах Tab Control предусмотренных для результатов лабораторий участников (lab1, lab2, lab3, lab4, lab5) дополнительно размешены элементы для предоставления результатов критерии оценки, в частности:

- z, D, D%, $E_n$ - Индикаторы для индикации численного значения соответствующих критериев;
- Светодиодные индикаторы для индикации качественных показателей оценки состояния.

Блок-диаграмма VI, для Tab Control провайдера представлена на рис.2, а на рис.3 для остальных лабораторий участников МИ.

**3. Внедрение и его перспективы**

Разработанный VI проходит эксплуатационные испытания в лабораториях провайдерах при МИ электрических, механических и химических параметров.

**4. Список литературы**


[1]. Изготовление контрольного образца для проведения МИ. Н. Н. Абелашвили, Н. Н. Абелашвили. Труды. Автоматизированные системы управления №1(19)2015.

[2]. ГОСТ ISO/IEC 17043-2013**.** Оценка соответствия. Основные требования к проведению проверки квалификации. Дата введения 2015-03-01


## TREATMENT RESULTS IN LABORATORY TRIALS ENVIRONMENT LABVIEW


*N.N. Abelashvili[1], N.N. Abelashvili[2]*

*1. GTU, Georgia, Tbilisi*

*2. ILF beratende Ingenieure Gmbh. Georgia, Tbilisi*



*The report deals with the implementation, laboratory provider interlaboratory test (IT), the processing of the results on the acceptability of and compliance with the criteria for compliance with regulatory requirements, as well as the task output to ensure you receive the feasibility of the use of measuring instruments based on the data analysis.*



*Keywords: interlaboratory test lab provider, uncertainty, evaluation criteria.*

# ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА SCILAB

А.С. Бессонов

*МИРЭА, г.Москва*

Рассматриваются особенности использования процедур обработки данных, реализованных в свободно распространяемом пакете Scilab, в составе LabVIEW программного обеспечения измерительных систем. Описываются программные модели, служащие для тестирования математических скриптов.

*Ключевые слова: программное обеспечение, измерительная система, среда LabVIEW, обработка экспериментальных данных, скрипт SciLab, программная модель*

## 1. Постановка задачи

Для реализации алгоритмов обработки данных в составе программного обеспечения измерительных и управляющих систем довольно часто используется пакет MATLAB. Для этого в составе среды графического программирования LabVIEW имеется специальный узел [1]. Однако MATLAB является дорогим программным продуктом, и в последнее время становится актуальным переход к бесплатно распространяемым аналогам. Среди них существенными преимуществами обладает пакет Scilab, предоставляющий пользователю многочисленные функции матричных операций, цифровой обработки сигналов, статистического анализа, обработки изображений и др.

Проведенная работа была посвящена исследованию особенностей использования скриптов SciLab в составе LabVIEW прикладных программ и проведению тестирования конкретных алгоритмов обработки данных.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Исследование осуществлялось с использованием пакета SciLab 5.5.2 [2], среды LabVIEW 2011, программного интерфейса LabVIEW to Scilab Gateway [3].

## 3. Описание решения

Первым шагом работы стала установка программного интерфейса *LabVIEW to Scilab Gateway*. Это привело к появлению в составе палитры *Script Nodes* узла *Scilab script*, внешне схожего с узлом *MATLAB script*.

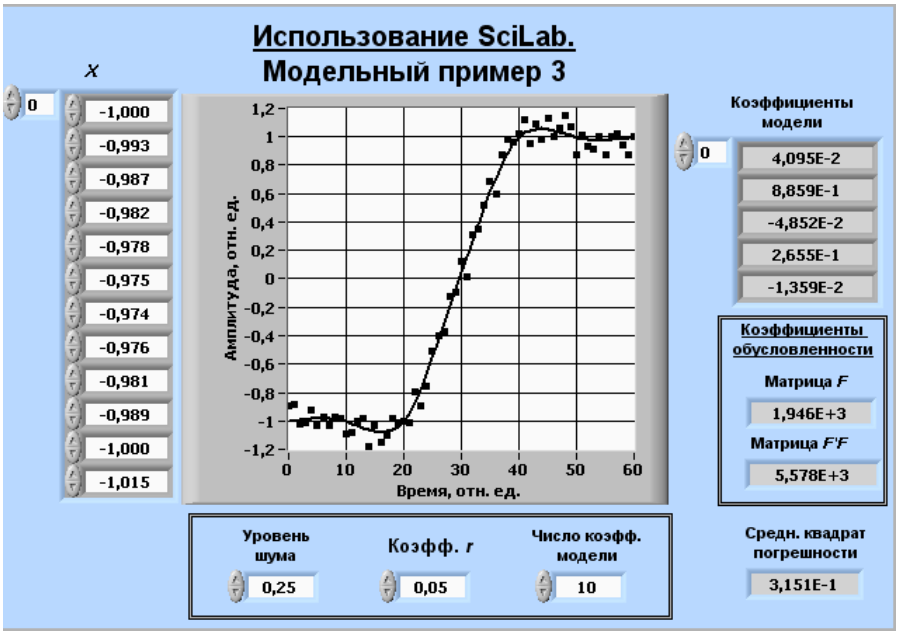



Рис. 1. Лицевая панель программной модели решения обратной измерительной задачи

Исходными данными для исследования стали наборы MATLAB скриптов разной сложности, предназначенных для решения обратных измерительных задач и цифровой обработки сигналов. Учитывая неполную совместимость математических пакетов, необходимыми оказались коррекция, отладка, проверка работоспособности и тестирование Scilab скриптов в составе LabVIEW прикладных программ с одновременным выявлением особенностей этих процессов. В качестве таких программ были использованы так называемые *программные модели* (см. рис. 1-3), в составе

которых имелись средства формирования входных данных, установки параметров узла обработки данных и представления результатов обработки, а также сам узел обработки данных, являющийся центральной частью данного виртуального прибора.

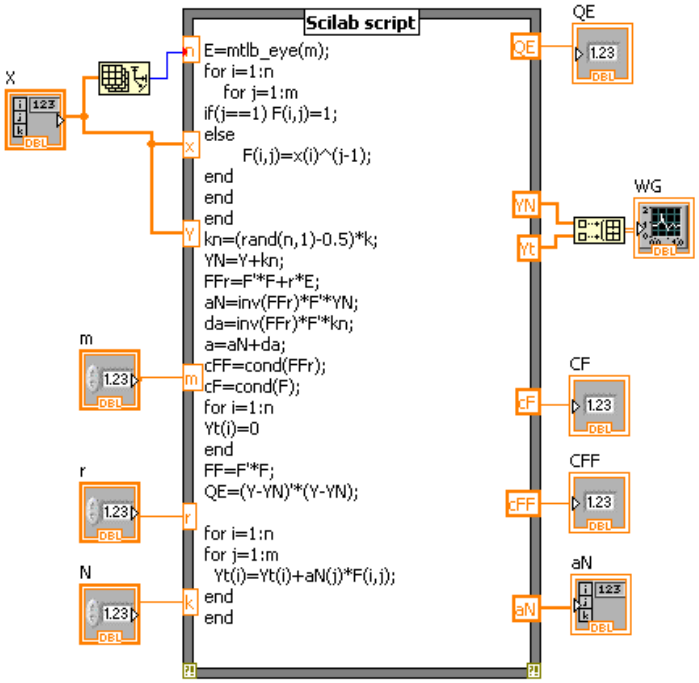



Рис. 2. Блок-диаграмма программной модели решения обратной измерительной задачи

Рассмотрим пример программы, моделирующий процесс проведения регрессионного анализа экспериментальных данных для случая плохо обусловленной системы линейных алгебраических уравнений [4]. В этом случае она записывается следующим образом:

$$(F^T \cdot F + r \cdot E) \cdot \vec{\alpha} = F^T \cdot \vec{Y}n,$$

где $F$ – матрица регрессоров, $r$ – коэффициент, меньший единицы, $E$ – единичная матрица, $\vec{\alpha}$ - искомый вектор коэффициентов, $\vec{Y}n$ - вектор отсчетов реального входного сигнала, $\vec{X}$ - вектор отсчетов идеального входного сигнала, $\vec{N}$ - вектор оцифрованного измерительного шума, $\vec{Y}n = \vec{X} + \vec{N}$ .

После проведения регрессионного анализа формируется вектор выходного сигнала

$$\vec{Y}t = \vec{\alpha} \cdot F .$$

На лицевой панели программной модели (рис. 1) отображается массив *X*, зашумление которого с формированием массива *Yn* производится средствами Scilab. В состав параметров узла обработки данных входят интенсивность измерительного шума, коэффициент регуляризации, число коэффициентов модели, определяемое размерностью вектора $\vec{\alpha}$. Массив *Yn* можно видеть на графическом экране в виде точек, а результат *Yt* - в виде сплошной линии. Дополнительными результатами обработки являются рассчитанные коэффициенты обусловленности матриц *F* и $FF^T$ и средний квадрат погрешности *Q*, подтверждающие эффективность использованного метода.

Исследование описанной программной модели выявило следующие особенности, которые оказались характерными и при исследовании других программных моделей.

1) Сразу было выявлено, что сервер Scilab только фиксирует наличие ошибки исполнения и не указывает ее причину, что заметно снижает удобство отладки программной модели.

2) Пришлось исключить неработающие в программной модели функции *plot*, которые предназначены для формирования отдельных окон с графиками, свойственных MATLAB.

3) Для формирования единичной матрицы пришлось использовать особую Scilab функцию *mtlb_eye*.

4) При коррекции исходного MATLAB скрипта пришлось изменить некоторые операции транспонирования векторов.

В заключении приведем лицевую панель другой программной модели (рис. 3), предназначенной для тестирования функции *iir* синтеза БИХ фильтра и функции *flts* спектральной фильтрации. Массив отсчетов входного сигнала *X* отображается на верхнем графическом экране. Параметры фильтра задаются справа, в их состав входят порядок фильтра, тип, параметры частотной характеристики. Выходной сигнал *Y* отображается на нижнем графическом экране.

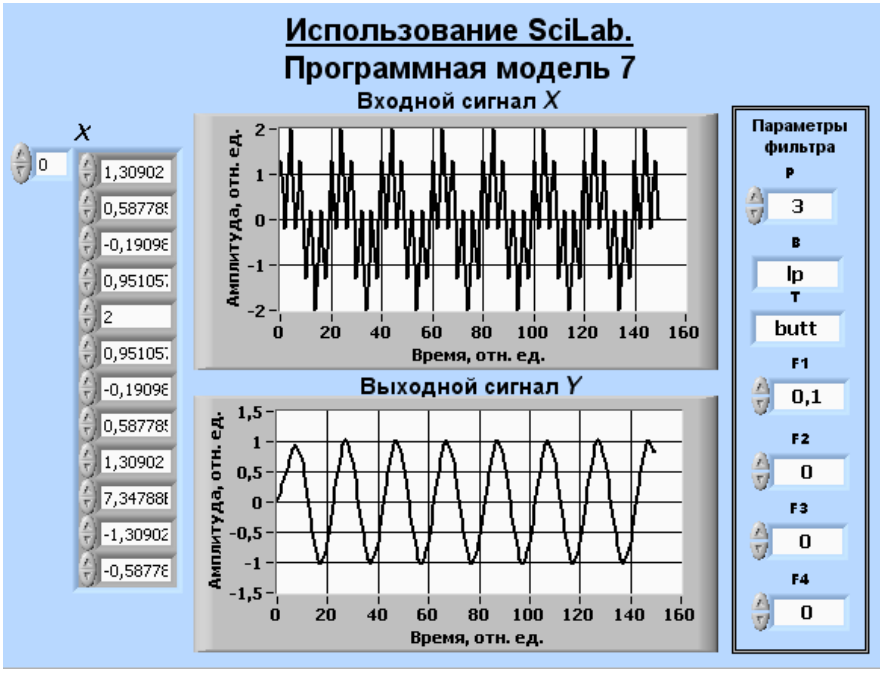



Рис. 3. Лицевая панель программной модели, предназначенной для изучения функций спектральной фильтрации

Изучив приведенную лицевую панель, можно сделать вывод о работоспособности фильтра нижних частот 3-го порядка и соответствующего Scilab скрипта.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанные программные модели используются на занятиях со студентами направления обучения «Приборостроение». В учебном процессе LabVIEW позиционируется в качестве основной среды программирования. Ее функциональность при необходимости может успешно расширяться за счет использования дополнительных программных средств.

**5. Список литературы**

[1]. https://zone.ni.com/reference/en-XX/help/371361J-01/gmath/matlab_script_node/MATLAB script - раздел на сайте National Instruments.
[2]. https://www.scilab.org – сайт математического пакета Scilab.
[3]. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/210055 - раздел на сайте National Instruments.
[4]. Большаков А.А., Каримов Р.Н. Методы обработки многомерных данных и временных рядов. - М.: Горячая линия - Телеком, 2007. – 522 с.

**THE EXPERIMENTAL DATA PROCESSING USING PACKAGE SCILAB**

A.S. Bessonov

*Moscow Technological University, Moscow, Russia*

*The article discusses the use of Scilab data processing procedures as part of LabVIEW measuring systems software. The examples of software models for script testing are considered.*

*Keywords: measuring systems software, environment LabVIEW, Scilab procedure, experimental data processing, software model, script testing*

# ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ИНТЕРАКТИВНОЙ СРЕДЕ NI Multisim и Elvis II+ КАК КОМПОНЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

И.И. Поляков

*Государственное Бюджетное Профессиональное Образовательное Учреждение г. Москвы «Колледж связи №54» им. П.М.Вострухина, г.Москва*

*В статье рассматривается особенности преподавания радиотехнических дисциплин в интерактивной среде NI Multisim и Elvis II+ как компонента профессионального образовательного процесса. Описан процесс испытаний, приведены описания характерного вида сигнала, программного обеспечения и пример отчёта.*

*Ключевые слова: NI Multisim, Elvis II+*

## 1. Представление где реализовано

ГБПОУ г. Москвы «Колледж связи №54» им. П.М.Вострухина - один из крупнейших столичных колледжей, единственное профессиональное образовательное учреждение в городе Москве, которое готовит специалистов отрасли связи.

Миссия колледжа - подготовка высококвалифицированных специалистов и рабочих кадров в соответствии с современными требованиями на основе интеграции интересов работодателей, колледжа и обучающихся с целью развития кадрового потенциала предприятий города Москвы.

Основы развития образования и основы организации развивающей среды как неотъемлемой части образовательного процесса применительно к системе подготовки высококвалифицированных кадров закладываются на комбинированных теоретических и закрепляются на лабораторно-практических занятиях.

## 2. Используемое оборудование

Инструмент используемый для демонстрации функциональных узлов и модулей, как отдельных компонентов радиосхем, так и радиотехнических устройств в целом - NI Multisim позволяет моделировать электронные схемы и симулировать какой-либо физический процесс при помощи интуитивно-понятного конструктора электрических схем. Простой наглядный интерфейс, мощные средства графического анализа результатов моделирования, наличие виртуальных измерительных приборов превращают образовательный процесс в увлекательный интерактивный «квест» позволяющий преподавателю радиотехнических дисциплин наглядно иллюстрировать излагаемый материал в режиме конструирования и исследования.

## 3. Особенности использования

Отличительными особенностями NI Multisim является интуитивно понятный интерфейс, необходимые средства графического анализа результатов моделирования, наличие виртуальных измерительных приборов, копирующих реальные аналоги и большая библиотека компонентов.

Среда National Instruments Multisim обладает широким спектром функций:

Информационная функция – каждый элемент пользовательского интерфейса несет определенные сведения об функциональном элементе, становится средством передачи профессионального опыта разработчиков. Не менее важное значение имеет и стимулирующая функция среды NI Multisim. Среда развивает будущего специалиста только в том случае, если она представляет для него интерес, подвигает его к действиям, исследованию. Развивающая функция предметной среды требует для своей реализации сочетания традиционных и новых, необычных компонентов, что обеспечивает преемственность развития от простых ее форм к более сложным. В связи с этим наиболее важные задачи NI Multisim среды можно определить таким образом:

- конструируемые элементы должны обеспечивать реализацию потребности обучающегося в активной и разноплановой деятельности;

- NI Multisim среда должна обеспечивать «зону технического развития» обучающегося, стать составным компонентом обучения, способствовать развитию задатков будущих специалистов;

- среда должна предлагать возможность для реализации индивидуальных интересов и потребностей обучающихся, их самостоятельной деятельности и эффективного накопления ими личного опыта;

- развивающая среда должна способствовать формированию умственных, психических и личностных качеств обучающихся.

- NI Multisim среда должна выступать условием расширения возможностей реализаций внутреннего потенциала, выработки способности творчески осваивать новое и прогрессивное.

Благодаря этому, преподаватели могут использовать несколько основных методических приемов обыгрывания NI Multisim среды, которые имеют прямой развивающий и обучающий эффект:

- показ предмета и его называние;

- показ действий с предметами и их называние;

- предоставление свободы выбора действий и экспериментирование.

## 4. Методика реализации

Показ предмета и его называние – методический прием обучения в процессе организации совместной предметной и игровой деятельности обучаемого и преподавателя. Используется для развития слухо-зрительного сосредоточения.

Показ действий с предметами и их называние – другой методический прием обучения обучающихся в процессе организации совместной предметной и игровой деятельности обучаемого и преподавателя. В основе действия с предметами лежит подражание преподавателю. Действия с предметами путем подражания усваиваются в следующей последовательности: совместное выполнение действий, отраженное выполнение действий по последовательному показу/демонстрации моделирования и исследования, выполнение действий по пошаговому образцу преподавателя, выполнение действий по памяти, самостоятельное выполнение действий по словесной инструкции, самостоятельное выполнение действий в свободной деятельности.

Экспериментирование в условиях предоставления свободы выбора как методический прием моделирует такие условия исследования, освоение и модификация предметно-развивающей среды, в которых обучающийся осознает проблемность ситуации, ищет способы разрешения имеющегося противоречия, манипулируя одной или несколькими переменными (факторами) данной проблемной ситуации и фиксируя сопутствующие изменения параметров исследования объекта.

При реализации на практических занятиях полученных знаний NI Elvis II+ позволяет реализовать в реальной электронной среде все навыки конструирования, интегрируя предметно-развивающую среду NI Multisim и Elvis II+, связать воспитательно-образовательный процесс с практикориентируемым и способствует формированию необходимых профессиональных навыков.

Вышеперечисленные методы делают NI Multisim и Elvis II+ среду не просто активной, а интерактивной, то есть ориентируют обучающихся на обмен информацией и мнениями, на согласование своих действий, и на формирование общих технических смыслов совместной деятельности, и освоение профессиональных способов познания, носителем которых является преподаватель. Эти способы познания связаны с освоением специфических: NI Multisim и Elvis II+ сред. Все это позволяет выйти на более качественный уровень образования, способствует раскрытию предпосылок творческого потенциала обучающихся.

## 5. Внедрение и перспективы

Благодаря разработкам NI Multisim и Elvis II+ сред моделирования весь процесс можно рассматривать с точек зрения: психологии и технической, сред как условие, процесса и результата саморазвития личности, усвоения практического опыта, моделирования необходимых функций РЭА и формирования личностных качеств способствующих трансформации поставленных задач во внутреннюю структуру NI Multisim и Elvis II+ удовлетворяя потребности познания.

## 6. Список литературы

1. http://www.ni.com/ru-ru.html - раздел на сайте National Instruments

**FEATURES OF TEACHING OF ELECTRONIC SUBJECTS IN AN INTERACTIVE ENVIRONMENT Multisim and NI Elvis II+ AS A COMPONENT OF THE PROFESSIONAL EDUCATIONAL PROCESS**

I. I. Polyakov

*State Budgetary Vocational Educational Institution of Moscow "College of communication №54" to them. P. M. Vostrukhin, Moscow*

*The article deals with peculiarities of teaching the electronic subjects in an interactive environment Multisim and NI Elvis II+ as a component of the professional educational process. Described the testing process, describes the characteristic appearance of a signal, software and sample report.*

*Key words: NI Multisim, Elvis II+*

# ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ БЛИЖНЕГО КОСМОСА – STRATOSAT

А.А. Коломейцев

*ФГАОУ ВО НИ ТПУ, г. Томск*

*В статье описан процесс создания и принцип работы платформы для изучения ближнего космоса. Автор перечислил основные модули, необходимые для аппарата такого типа. Достоинствами данной платформы являются относительная дешевизна, технологичность и простота в эксплуатации. Важен тот факт, что опыт, полученный в проектировании данной платформы, внедрен в образовательный процесс.*

*Ключевые слова: NI myRIO-1950, стратосфера, ближний космос, космическое приборостроение, образование*

## 1. Введение

Современный уровень развития техники и технологий позволяет проводить научные эксперименты в нестандартных условиях самым разным группам ученых. К этим группам можно отнести студенческие и школьные научные группы. В настоящий момент, к достижениям таких научных групп можно отнести открытия в области робототехники, электроники, электромеханики и биологии. Это стало возможно благодаря популяризации науки, а также внедрению новых, современных программных и аппаратных средств автоматизации исследований.

Уже больше 60-ти лет взгляды многих молодых ученых и конструкторов, действующих и будущих, прикованы к космосу. В последнее десятилетие интерес значительно возрос, во многом благодаря успешной реализации грандиозных научных проектов космической тематики, в число которых входят эксперименты на борту Международной космической станции, относительный успех миссии Розетта (полет и высадка на комету Чурумова-Герасименко), достижение аппаратом New Horizons орбиты Плутона и получение его детальных снимков, преодоление аппаратом Вояджер-1 границы гелиосферы и многие другие проекты [1]. Не охлаждает интерес и к изучению ближнего космоса. Существует ряд жизненно важных параметров атмосферы, которые требуют постоянного мониторинга и изучения. Есть необходимость в системах дистанционного зондирования Земли, мониторинга лесных пожаров, газового анализа состояния атмосферы. Такие задачи требуют эффективных частных решений.

Эффективность таких решений может быть выражена в экономичности использования ресурсов, точности полученных результатов и возможности подключения к решениям научных задач молодых ученых. Один из вариантов выполнения этих показателей эффективности представлен в виде универсальной платформы для проведения экспериментов в условиях ближнего космоса – StratoSat (от англ. Stratosphere Satellite – Стратосферный спутник). StratoSat является основой для установки оборудования, предназначенного для проведения научных опытов на высоте до 50 км. Роль бортовой вычислительной машины выполняет NI myRIO. Благодаря успешному сочетанию технологий National Instruments и точных малогабаритных измерительных датчиков, StratoSat получился доступным, в техническом и денежном плане, для широкого круга исследовательских групп.

## 2. Используемое оборудование, программное обеспечение и материалы

Задачи бортового компьютера выполняет NI myRIO-1950. В качестве полезной нагрузки выбран набор датчиков для измерения условий работы в процессе полета. В их число входят:

- гироскоп;
- акселерометр;
- барометр;
- магнетометр;
- термометр;
- газоанализатор;
- датчик радиации.

Для определения текущего положения аппарата используется GPS-модуль. Полученные координаты отсылаются оператору на земле посредством модуля связи GPRS SIM900R. Согласование работы измерительных датчиков и бортовых приборов осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2015. Полученные экспериментальные данные записываются на Flash-диск.

Корпус спутника изготовлен из ABS-пластика на 3D принтере фирмы Picasso. Для создания 3D моделей используется система автоматизированного проектирования T-Flex CAD 14. Тепло- и

влагозащищенность обеспечивает защитный кожух из пеноплекса. Во избежание попадания жидкости под кожух, все швы обработаны герметиком.

### 3. Процесс создания и принцип работы

StratoSat разработан группой под руководством магистранта кафедры Точного приборостроения НИ ТПУ. На разных этапах, для ускорения процесса разработки промежуточных виртуальных приборов, для отдельных модулей привлекались студенты разных курсов, имеющие подготовку для работы в среде программировании NI LabVIEW. В итоге, с момента поступления всех закупленных датчиков до завершения лабораторных испытаний прошло менее месяца. На рисунке 1 представлен StratoSat с датчиками на отладочной панели в процессе программирования и отладки.

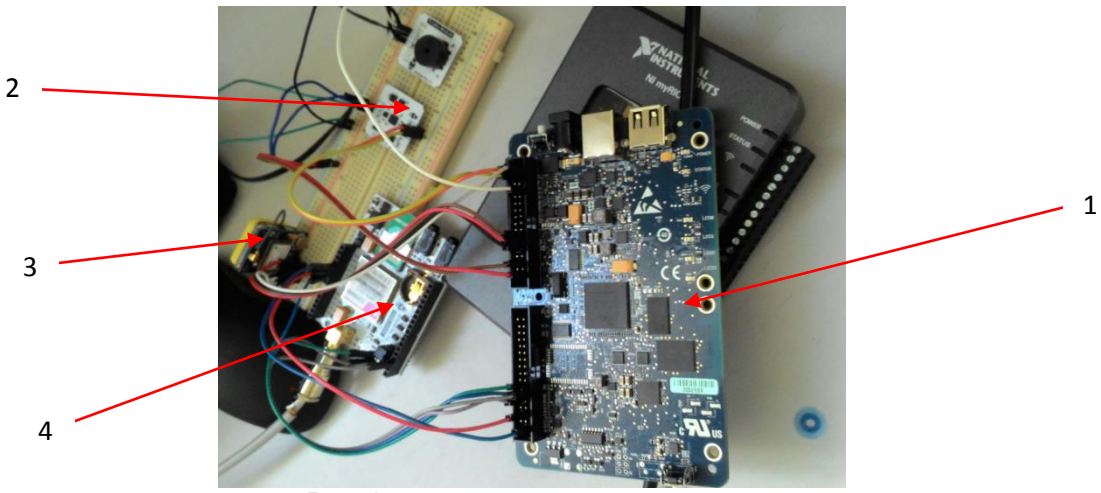



Рис. 1. StratoSat в процессе отладки

На рисунке:

1 – NI myRIO-1950;

2 – 10-степенной IMU-сенсор, на котором установлены:

- Трёхосный акселерометр LIS331DLH показывает ускорение относительно собственных осей X, Y и Z.
- Трёхосный гироскоп L3G4200D показывает скорость вращения относительно собственных осей X, Y и Z
- Трёхосный магнетометр/компас LIS3MDL показывает напряженность магнитного поля относительно собственных осей.
- Барометр LPS331AP показывает атмосферное давление, благодаря чему можно вычислить высоту над уровнем моря.

3 – GPS-модуль;

4 – GPRS-модуль SIM900R

С учетом конструктивных особенностей всех элементов аппарата, был спроектирован и изготовлен корпус. Корпус спроектирован основываясь на современный стандарт сверхмалых спутников CubeSat, форм-фактор 2U (100x100x200 мм) [2]. На рисунке 2 аппарат установлен на корпус.

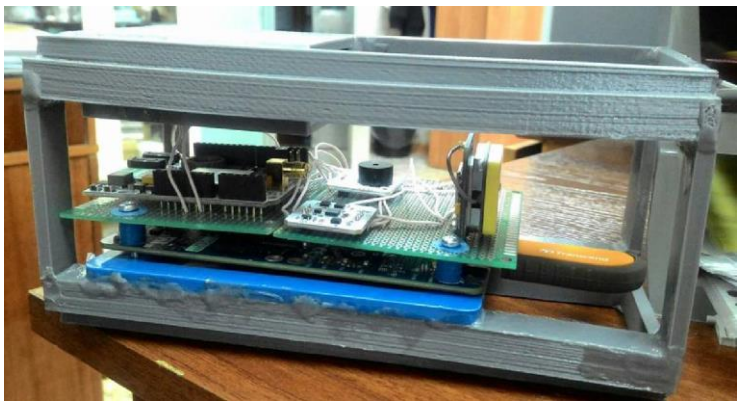


Рис. 2. StratoSat в корпусе из ABS-пластика

Запуск аппарата осуществляется на гелиевом шаре. Подъем может осуществляться в диапазоне от 18 до 50 км, что определяется типом шара. На протяжении всего полета StratoSat способен проводить необходимые эксперименты. Для безопасного возвращения на землю к

аппарату прикреплен парашют, который раскрывается после взрыва гелиевого шара. В зависимости от погодных условий, место падения может находиться в 30-200 км от места запуска. В течение полета, GPS-модуль фиксирует текущие координаты платформы. Если аппарат находится в зоне покрытия мобильной сети, посредством GPRS-модуля генерируется SMS-сообщение с координатами аппарата. Экспериментальные данные записываются на Flash-диск. Пример получаемых данных изображен на рисунке 3.

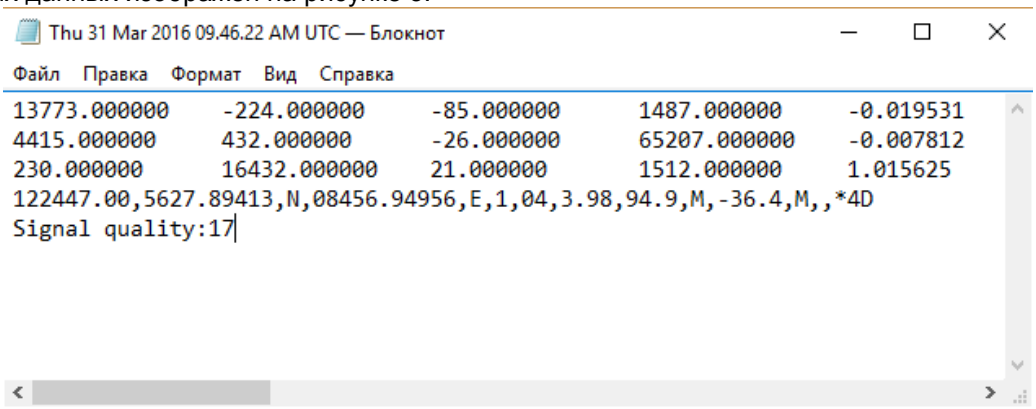



Рис. 3. Пример экспериментальных данных на карте памяти.

Платформа позволяет дополнительно установить любой тип датчика или камеру для дистанционного зондирования Земли. Потенциал ограничен лишь энергетическими и массогабаритными характеристиками аппарата.

## 4. Перспективы и внедрение в образовательный процесс

Для упрощения поиска аппарата и во избежание падения его в труднодоступные зоны или зоны, не попадающие под покрытие мобильных операторов, существует перспективная идея совместить аппарат с квадрокоптером. В случае успешного внедрение данной идеи, точки падения аппарата можно будет предсказать заранее, что в значительной степени обезопасит аппарат от попадания в опасные условия и снижает вероятность потерять его.

Программирование отдельных модулей StratoSat'a уже внедрено в нескольких дисциплинах в рамках подготовки бакалавров и магистров по направлениям «Приборостроение» и «Электроника и наноэлектроника». Сама платформа используется для научных экспериментов «Виртуального конструкторского бюро космического приборостроения для школьников, студентов и аспирантов», существующего на базе кафедры Точного приборостроения НИ ТПУ.

## 5. Список литературы

[1]. http://vdb.tpu.ru/news/ - раздел новостей на сайте Виртуального конструкторского бюро космического приборостроения

[2]. http://org.ntnu.no/studsat/docs/proposal_1/A8%20-%20Cubesat%20Design%20Specification.pdf – спецификация спутников формата CubeSat

**EXPERIMENTATION PLATFORM FOR NEAR SPACE – STRATOSAT**

A.A. Kolomeytsev

FGAOU VO NI TPU, Tomsk, Russia

The article describes engineering process of experimentation platform for near space and its operation principles. The author specifies main parts necessary for similar systems. Merits of a proposal are low price, feasibility and ease of operation. It is important to emphasize that experience gained in conducting StratoSat is implemented into curriculum.

Key words: *NI myRIO-1950, stratosphere, near space, space instruments making, education*

# ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДВУХ МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ НАНО ТОЛЩИН

М.Г Азарян[1], А. Меликсетян[2].

*1.ЕГУ, Радиофизический факультет, Кафедра физики полупроводников и микроэлектроники, Армения, Ереван*
*2. НПУА Факультет Кибернетики, Кафедра Афтоматизация и управления, Армения, Ереван*

*В статье рассматривается процесс реализации двух методов регистрации нано толщин. Управления измерительной установки и регистрация измеряемых значении проведении на основе оборудования и среды программирования LabVIEW фирмы National Instruments. Использовано оборудование PCI форм фактора PCI-7830R. Так как управления стендом и регистрация информации происходить непосредственно на FPGA.*

**Введения**

В век нанотехнологий, вполне обоснован поиск разнообразных решений научно-технической задачи по измерению наномасштабных толщин. Имеется достаточно большой набор способов и устройств, позволяющих разрешить задачу регистрации нанотолщин [1].

По всей видимости, наиболее совершенные и отработанные технические решения, предоставляющие возможность измерять и наномасштабные толщины, используются в конструкциях современных зондовых микроскопов (**ЗМ**)[2]. Эти решения предполагают наличие **сенсора**, выходной **информативный сигнал** ***J***(*z*) которого находится в сильной зависимости от изменения (вертикального) параметра ***z*** измеряемого профиля поверхности исследуемого образца (**ПИО**). Когда ЗМ – туннельный микроскоп, взаимодействие с иглой только бесконтактное, и, по сути, “ощупывание” происходит посредством туннельно-токового канала между кончиком иглы и **ПИО**. Здесь в качестве ***J***(*z*) выступает экспоненциальная зависимость тока от длины ***z*** такого канала.

Если **ЗМ** - атомно-силовой микроскоп, то возможен и контактный режим, и остро-заточенная игла тут, являясь деталью микромасштабного сенсора-кантилевера, может механически касаться **ПИО**. Вертикальные перемещения иглы, расположенной на свободном конце кантилевера, “осязанием” вырисовывают наномасштабные неровности **ПИО**. В этом случае ***J***(*z*) задает преобразователь субнаноперемещений свободного конца кантилевера в легко регистрируемый сигнал.

Следует отметить, что, даже в бесконтактном режиме работы сенсоров **ЗМ**, взаимодействовать кончик зонда с **ПИО** начинает с расстояния не больше десятка нанометров. Ввиду этого, возникает, помимо прочего, такая дополнительная техническая задача, как пространственный безударный “ввод” кончика зонда в наномсштабную «рабочую зону» у **ПИО.**

Ниже приводятся описания идеологий двух контактных способов, **принципиально** допускающих регистрацию толщин с наномасштабной точностью в широком динамическом диапазоне измеряемых перепадов высот, в виду чего отпадает необходимость в отмеченной системе осторожного подвода.

**1-ый способ**

Воспользуемся, выражением для объема (**V**) жидкости (или газа) цилиндрического сосуда $\mathbf{V=1/4\pi D^2 H}$ (где **D** – диаметр, а **H** – высота сосуда).

Пусть имеются два сообщающихся цилиндрических сосуда – стеклянная трубка с внутренним диаметром **d** и цилиндр с диаметром поршня **D**. Изображение на рис.1 иллюстрирует взаимосвязь границы уровня жидкости в трубке (высота **h**) с вертикальным местоположением подвижного дна (поршня) в цилиндре (высота **H**)

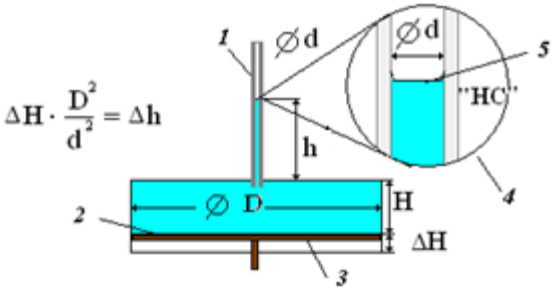


*Рис.1*

*1 – стеклянная трубка с внутренним диаметром **d**,2 – рабочий объем,3 – вертикально подвижное дно, 4 – "сцена наблюдении", 5 – контролируемый уровень жидкости.*

Она получена из учета того, что весь вытесненный поршнем объем жидкости **1/4πD²** ∆**H** "должен" поместиться в трубке.

$$\Delta h = \left(\frac{D}{d}\right)^2 \cdot \Delta H \qquad (1)$$

Из приведенного соотношения следует, что коэффициент трансформации ∆**H** в ∆**h** (***K*$^{cc}_{tr}$**) задается квадратом отношения **D/d,** а его величина принципиально ограничивается лишь, практически приемлемыми габаритными размерами конструкции предлагаемого преобразователя (сообщающиеся сосуды). Например, уже при **D/d** = 100 перемещение ∆ поршня на 1нм должно вызвать изменение ∆**h** = 10000нм = 10мкм.

Габариты конструкции даже с **D**=200мм и **H**=2мм вполне приемлемы, и, следовательно, и в лабораторных условиях можно попытаться разработать техническое устройство, реализующее выше описанную идею.

**2-ой способ**

Суть этого способа легче всего понять из рис.2.

Здесь приведена схема, иллюстрирующая перекрытие освещенной щели шириной **d** треугольной (подвижной в ***X***-направлении) непрозрачной шторкой с углом ***α*** (наклон гипотенузы). Как подсказывает приведенная на рис.2(***а***) схема, зависимость изменения ***Y***-координаты подвижной границы освещенного участка ∆**H = H₂-H₁** от перемещения ∆**h**$^{opt}$ **= h₂ –h₁** экрана можно описать просто

$$\Delta H = \Delta h^{opt} \cdot \tan(\alpha) \qquad (2)$$

Таким образом, в этом способе коэффициент преобразования ***K*$_{tr}^{opt}$= tg(α)**.

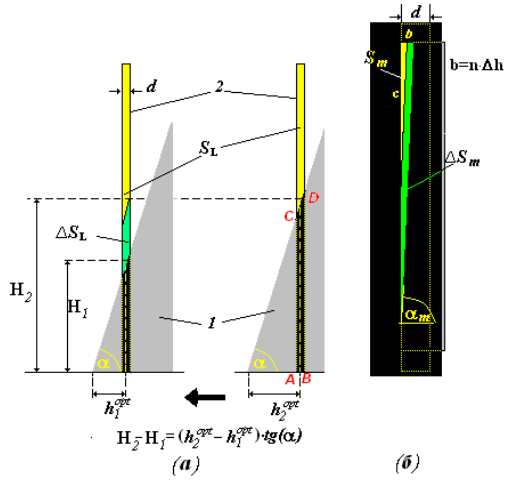



*Рис.2*

*а) 1 – подвижная треугольная шторка, 2 – фиксированная щель шириной **d** (вариант конфигурации освещенной области при малых значениях **α**,*

*б) вариант конфигурации освещенной области при **α**$_m$ ≥**89.99**°.*

Рис.2(***а,б***) демонстрирует конфигурации освещенной поверхности при разных значениях ***α***. Как видим, фигура этой поверхности может трансформироваться из треугольной в трапецевидную. Если при малых значениях ***α*** ее площадь ***S*$_L$** будет изменяться на ∆***S*$_L$**, (с ∆**h**$^{opt}$ перемещением) за счет одинакового изменения (∆***H*)** длин параллельных оснований ***AC*** и ***BD*** трапеции, то при больших ***α*** (наиболее переспективный вариант) изменение ***S*$_L$** вызванное ∆***S*$_m$** несколько иное.

Здесь изменяемой освещенной площадкой является треугольник с катетами ***b,c***. Катет ***b*** можно выразить через ∆***h***$^{opt}$ – ***b=n*·∆*h***$^{opt}$ (***n=1,2.3…***). Тогда

$$\Delta S_m = \frac{(n\Delta h^{opt})^2}{2} \cdot \mathrm{tg}(\alpha) \qquad (3)$$

Мы видим, что и в этом случае нет принципиального ограничения на формирование очень высоких значений преобразования перемещения.

Такая предсказываемая возможность достижения больших ***K*$^{cc}_{tr}$** и ***K*$_{tr}^{opt}$** заданием нужных (для успешной регистрации информативного ∆***h***) значений параметров собственно преобразователей, послужила весомым аргументом для организации экспериментальных исследований по проверке работоспособности этих способов.

Считаем необходимым подчеркнуть, что в принятии этого решения решающую роль сыграли удобство, относительная простота, оперативность в модификации схемы эксперимента (часто

необходимой в исследовательской работе), предоставляемая средой **LabVIEW**, и наличие компьютерной карты ***NI PCI-7830R***.

**Экспериментальная техника, результаты исследований и обсуждение 1-ого способа**

Для экспериментальных исследований реализуемости описанных способов и выявления особенностей их функционирования был создан исследовательский комплекс, образованный операционным стендом, компьютером и, разработанным в ***LabVIEW 11***, виртуальным измерительным стендом (***vi.Metering***).

Было спроектировано и создано несколько вариантов исполнительных узлов (***ИУ***), реализующих **1-**ый способ – ***варьируемый*** (только высотой ***H*****)** рабочий объем диаметра ***D***, сообщающийся с ***регистрируюшим*** обьемом (стеклянная трубка с внутренним диаметром ***d*****).** Для регистрации позиции ***h*** уровня жидкости изначально использовалась конфигурация излучатель-фотоприемник, в оптический канал которого вводилась перемещаемая граница поверхности окрашенной жидкости в стеклянной трубке (“наблюдаемая сцена” (***НС***) (Рис.1). Однако сложности, возникающие в процессе “введения” ***НС*** в оптический канал, и малость динамического диапазона регистрации изменения ***∆h*** (задаваемого размерами кристаллов фотоприемников), натолкнули на идею использования ***WEB***-камеры. Помимо возможности визуально контролировать процесс формирования на удобной для измерений ***НС*** (с размерами в несколько **см**), в этом случае можно воспользоваться и таким мощным аппаратом обработки данных, как ***Vision and Motion***.[3]

Детальному описанию процесса измерений 1-ым способом поможет схема на Рис.3.

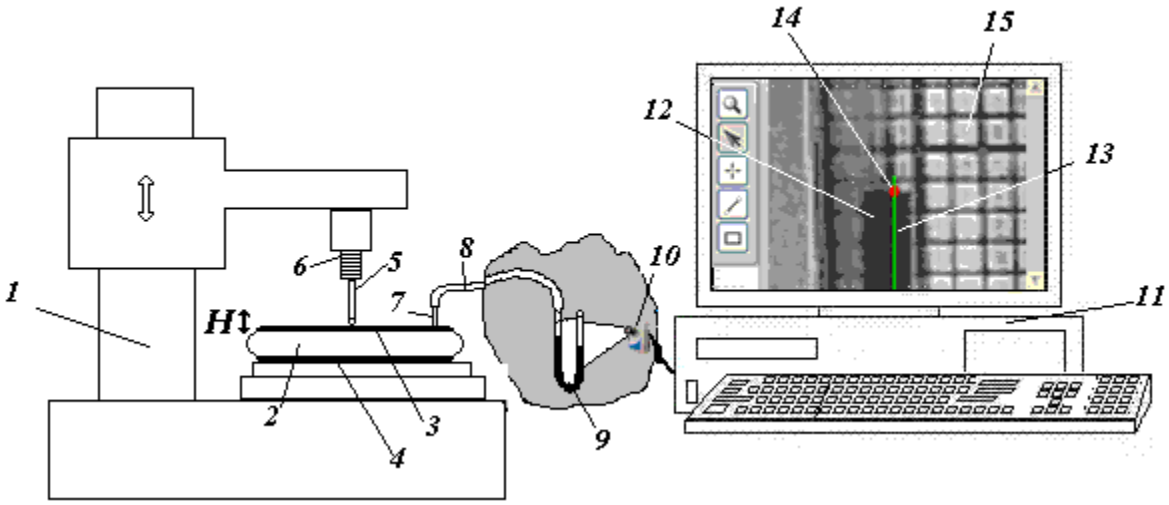



*Рис.3*

*1 - операционный стенд, 2 – рабочий объем, 3 – верхняя подвижная плоскость рабочего объема,4 –нижняя плоскость рабочего объема, 5 - шток, 6 - пьезопакет пьезоинициатора,7 - выходной патрубок, 8 – эластичный шланг связи, 9 – стеклянная трубка наблюдений, 10 – WEB-камера, 11– компьютер.* ***НС*** *содержит 12 - перемещаемый столбик жидкости,13 – неподвижная линия ROI, 14 – контрольная метка Θ уровня, 15 - наблюдаемая миллиметровка.*

Операционный стенд *1* реализован на основе остова инструментального микроскопа.

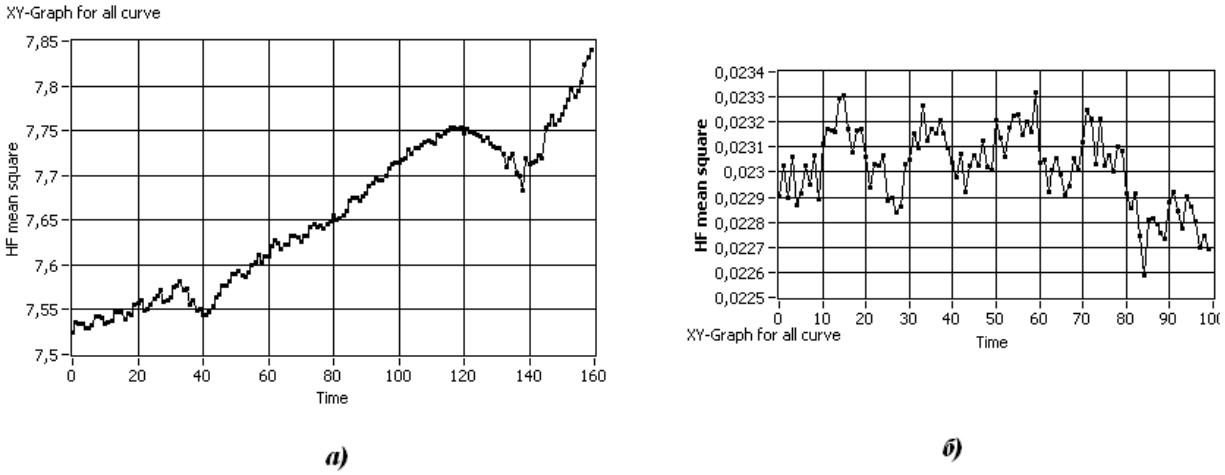
На координатном столе микроскопа зафиксирован рабочий объем *2,* сформированный из двух секций резинового гофра круглого сечения, торцами которого выступают герметично приклеенные жесткие диски *3* и *4*. С внешней стороны к верхнему диску *3* прижимается шток *5*, передающий перемещение, создаваемое пьезоинициатором *6*, закрепленном на вертикально перемещаемом тубусе. Вмонтированный в *3* патрубок *7*, посредством эластичного шланга 8, объединяет рабочий объем с стеклянной U - образной трубочкой *9*, некоторая часть объема которой заполнена окрашенной рабочей жидкостью. Принудительное изменение рабочего объема (заполненного воздухом) вертикальным смещением верхнего диска *3* вызывает соответствующее смещение столбика жидкости. Наблюдение перемещений уровня окрашенной жидкости осуществляется ***WEB***-камерой *10*.

Приведенное на рисунке изображение (на дисплее) “наблюдаемой сцены” демонстрирует способ, с помощью которого перемещение уровня рабочей жидкости трансформируется в количественный формат (размерность мВ). На изображение *12* “накладывается” отрезок *13* линии (вырезки) ***ROI***. В месте пересечения ее с границей жидкости формируется контрольная метка *14*, значение координаты (число ***Θ***) которой и есть количественная характеристика перемещения. Совмещая

отрезок ***ROI*** с изображением одной клетки *15* миллиметровки, можно (дополнительно) калибровать ***ROI***, длина отрезка которого выражена в пикселах.

В **vi.Metering** предусмотрена возможность моделирования, что позволяло, *выявляя* отклонение ***регистрируемой*** закономерности преобразования ***ИУ*** от ***расчетного***, *совершенствованием* конструкции рабочего объема продвигаться в задаче достижения предсказываемых (1) величин преобразования.

На рис.4 приведена характерная экспериментальная кривая, отображающая достигнутое разрешение уже в этой серии экспериментов.




*а)* *б)*

*Рис.4*
*Импульсы на графике а) формировались в результате периодической инициации пространственного смещения в ∆**H**= 110нм штока, прижатого к верхней поверхности рабочего объема (**D/d** =* 98*);*
*б) ∆**H**=90нм.*

Кривые строились из усредняемых (по времени, а после, и по заданному числу отсчетов) учтенных значений уровня ***Θ(t)***. В процессе записи кривой, с задаваемой периодичностью на пьезоинициатор подавалось напряжение, для осуществления необходимого пространственного смещения штока, и, в конечном итоге, подвижки ∆***H*** верхней плоскости рабочего объема. Соответствующие порции изменяющегося объема воздуха вызывали смещения отслеживаемого ***Θ(t)*** уровня рабочей жидкости в стеклянной трубке наблюдения, что отражалось на ходе кривой в виде “скачка”.

Ход ее демонстрирует и проблемы, которые необходимо разрешить.

Хорошо выраженный дрейф на ***а***) частично связан с температурой (имеется корреляция характера с ходом температуры, получаемой в параллельном измерении с температурного датчика ***LM335Z***). Природа “ухудшения” проявлений периодических ступенек пока не совсем понятна. Она может быть связана с изменением и смачиваемости, и нестабильностью упругих характеристик материала самого рабочего объема, и отклонениями ***d,*** и возможным сужением трубки канала связи.Такое предположение нам кажется оправданным, так как вся сумма площадей поверхностей, поддающихся геометрическому изменению (в том числе и поверхность эластичной трубки связи) учувствует в формировании объема, перемещающего рабочую жидкость в стеклянной трубке наблюдения.

Возможной причиной слабовыраженности импульсов при малых ∆***H*** могут быть и субмикронные люфты и нежесткость в конструкции операционного стенда, что неминуемо должно приводить к нарушению наномасштабной фиксированности упора пьезопозиционеру, а значит и к демпфированию самих наномасштабных подвижок (т.е. реальное смещение поверхности рабочего объема если и есть, то очень мало). Исходя из этого, были проведены дополнительные измерения, в которых ∆***L*** обеспечивалось микрометрическим перемещением.

На рис.5 приведены результаты таких измерений, отображенные в виде точек на экране графопостроителя.

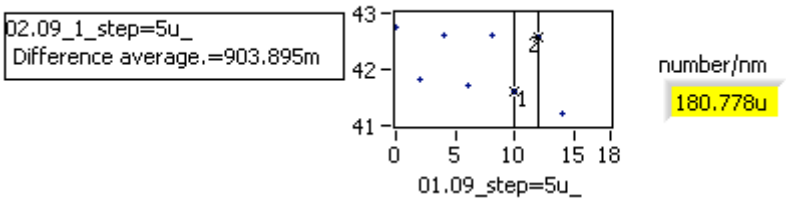



*Рис.5*

*Курсорами выделяются экцпериментальные данные, из множества разностей абсолютных значений которых, формируется значение усредненной разности.*

Так, как позиции отстояли друг от друга на 5мкм, то, разделив (усредненную по 7-и отобранным точкам) разность $\Delta\boldsymbol{\Theta}$ = 0,903895 на 5000нм, получим значение $\Delta\boldsymbol{\Theta}$ = 0,000180778 вызываемое смещением в 1 нм. Заметим, что почти такое же значение демонстрирует и слабо очерченный “скачек” на рис 4(б). На наш взгляд, это обстоятельство подтверждает высказанное предположение.

Необходимо отметить, что получаемая в экспериментах величина $\Delta\boldsymbol{\Theta}$ меньше расчетной. К сожалению, пока не будет найдена причина такого несовпадения, трудно ожидать достижения ожидаемых рекордных показателей.

**Экспериментальная техника, результаты исследований и обсуждение 2-ого способа**

Для исследований 2-ого способа в операционный стенд было адаптировано специально созданное устройство оптических вариаций (***УОВ***), которое позволяло проводить операции, необходимые для реализации этого способа (с наблюдением за результатами на “предкамерной сцене”). Схема на рис.5 разъясняет функционирование этого ***УОВ***.

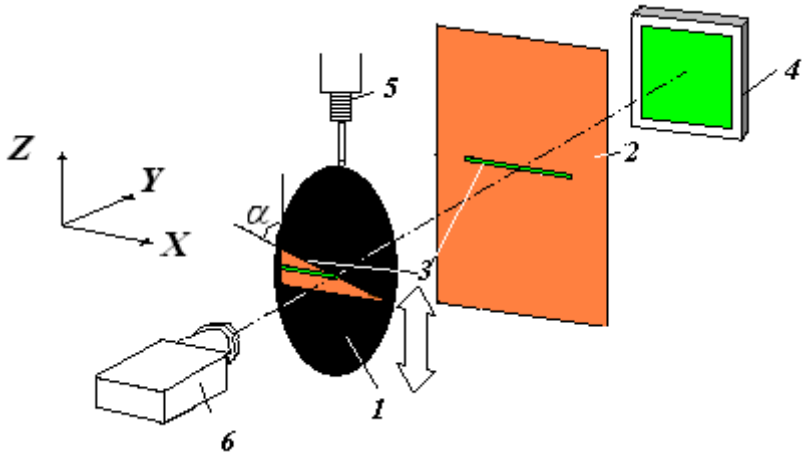



*Рис.5*

*1 – подвижная в **Z**-направлении шторка, 2 - неподвижная в **Z** - направлении шторка, 3 – перекрещивающиеся щели, 4 – излучающий светодиод,5 – пьезоинициатор, 6 – **WEB**-камера*

Смещение в ***Z***-направлении подвижной шторки *1* относительно неподвижной 2 приводит к перемещению позиции стороны ***CD*** (Рис.2(а)) трапецевидного контура поверхности, сформированной прошедшим через обе щели *3* оптическим излучением, испускаемого светодиодом *4*.Это перемещение описывается (2). ***Z***-смещение ($\Delta\boldsymbol{h}^{opt}$) в операционном стенде обеспечивает пьезоинициатор *5*.

Достижению высоких значений коэффициента трансформации $\boldsymbol{K_{tr}}^{opt}$ должны способствовать большие значения **α.** Следовательно, необходимо учитывать (3).

Здесь число источников помех, по сравнению с первым способом, сократилось, а природа имеющихся - иная.

На рис.6 приведены результаты наиболее удачных экспериментальных измерений, формирование которых проходило пьезоинициацией $\Delta\boldsymbol{L}$, подобно описанному ранее.

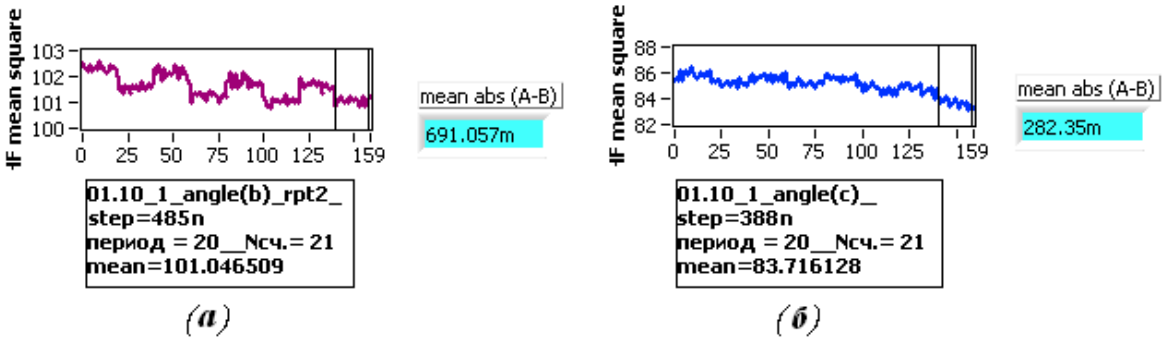



*Рис.6*

*Курсорами выделяется набор данных, из абсолютных значений, разности средних величин которых формировались приведенные усредненные значения* $\Delta\boldsymbol{\Theta}$ *– результат пьезоинициализаций* $\Delta\boldsymbol{L}$*=485nm (а) и* $\Delta\boldsymbol{L}$*=388nm (б)*

.

Приведенные значения “скачков” на кривых усредненные. Как видим, и в этом способе подача на пьезоинициациатор напряжения, должного вызывать смещение в 388нм, демонстрирует слабовыраженный “скачек” на ходе кривой. Понятно, что и тут, на пути достижения высоких значений коэффициента преобразования $\boldsymbol{K}_{tr}^{opt}$ стоит несовершенство операционного стенда.

В реально наблюдаемом изображении было замечено, что $\Delta\boldsymbol{L}$ вызывало не только перемещение границы ***CD***, но и изменения яркости, площади, координаты центра фигуры изображения. Отмеченное подсказало возможность, воспользовавшись ***Vision and Motion***, “усилить” регистрируемый численный отклик на $\Delta\mathbf{L}$ за счет комбинирования количественных форматов отмеченных особенностей.

Рис.7 иллюстрирует некоторые из таких операций ***ROI***-выделения на наблюдаемом изображении.

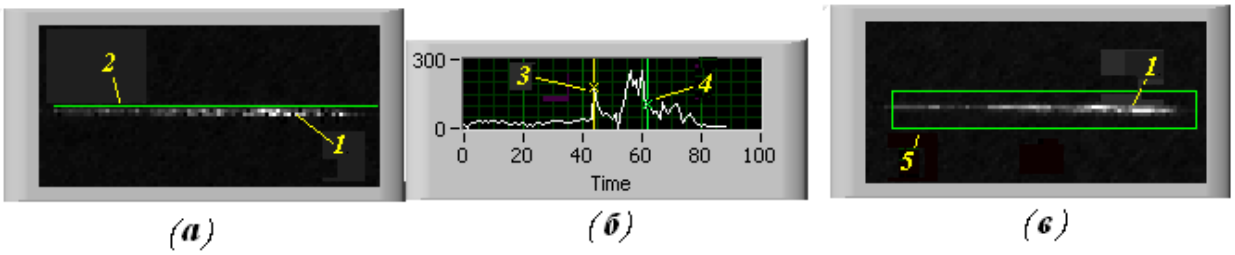



*Рис.6*

*1 – обработанное изображение освещенной поверхности, а)2 – способствующая формированию численного формата яркостного распределения вдоль линии* ***ROI****-вырезка, б) яркостная гистограмма вдоль* ***ROI****-вырезки 4,5 – курсоры выделения, в)3 - способствующий формированию численного формата координат центра изображения прямоугольник* ***ROI****-вырезания.*

С использованием описанного “перемножения” и здесь были проведены измерения с микрометрическим инициированием подвижки. На рис.8 приведен результат таких измерений

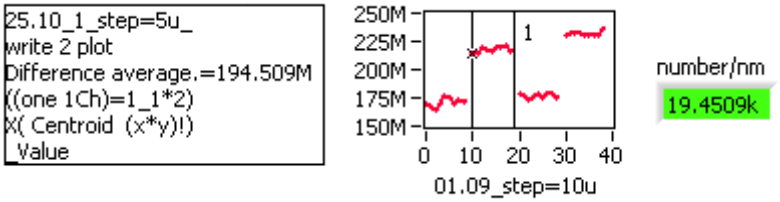



*Рис.8*

*Микрометрическим винтом перемещения позиции в* ***УОВ*** *разнесены на 10мкм. Курсорами выделяется набор данных, из абсолютных значений разности средних величин которых формировалось усредненное значение* $\Delta\boldsymbol{\Theta}$.

Ход (в каждом наборе из 10-ти значений $\boldsymbol{\Theta}$) демонстрирует дрейф и некоторую нестабильность. Установлено, что имеется корреляция с температурой. В данном случае, исходя из конечного значения $\Delta\boldsymbol{\Theta}$ = 194,509·10$^6$, разность значений $\boldsymbol{\Theta}$, приходящаяся на 1нм, будет $\Delta\boldsymbol{\Theta/нм}$ =19450.9. Из

рис.7(б) же следует $\Delta\Theta/нм=$ 0,0007, но эта разница вполне объяснима с учетом примененного приема.

**Заключение**

Проведенные эксперименты, подтвердив ожидаемые функциональности испытуемых идей, выявили необходимость организации дополнительных исследований (для полноценного практического воплощения кажущейся очевидности и простоты идеологий проверяемых способов), но уже с модифицированным испытательским стендом и с обязательным применением виброгасящей системы.

**Литература**


1. Р.К.Лич.Инженерные основы измерений нанометровой точности. «Интелект»г.Долгопрудный,2012,с.399
2. В.А.Быков. "Приборы и методы сканирующей зондовой микроскопии для исследования и модификации поверхностей", Докторская диссертация, М., 2000.
3. Визильтер Ю. В., Желтов С. Ю., Князь В. А., Ходарев А. Н., Моржин А. В.// Обработка и анализ цифровых изображенийс примерами на LabVIEW IMAQ Vision + DVD, Москва,2008,с.463


**Practical implementation of two methods of recording Nano thickness**


*MG Azaryan[1], A. Meliksetyan[2].*
*1.EGU, Radio physics Faculty, Department of Semiconductor Physics and Microelectronics of Armenia, Yerevan*
*2. NPUA Department of Cybernetics, Major of Automatic control systems Armenia, Yerevan*



*The article discusses the process of implementing two Nano thickness registration methods. Control of the measurement setup and the registration of the measured value of holding on the basis of hardware and LabVIEW National Instruments company's programming environment. Used equipment PCI form factor PCI-7830R. Since the booth management and archiving take place directly on the FPGA.*

# ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ

Г.В. Никонова, А.С. Фатеева

*ОмГТУ, г.Омск*

*В статье представлена работа программы, имитирующей процесс преобразования сигналов информационно-измерительной системы. Разработанный виртуальный прибор в среде LabVIEW способен имитировать работу модулятора и демодулятора сигналов в линии связи с передачей сигнала в условиях работы помехи.*

*Ключевые слова: программа, виртуальный прибор, преобразователь сигналов, модулятор, демодулятор, LabVIEW.*

**Постановка задачи**

Внедрение высокотехнологичного оборудования, комплексное оснащение и модернизация технических лабораторий является приоритетной задачей служащей повышению качества подготовки кадров для реального сектора экономики.

Повышение требований при подготовке специалистов по приоритетному направлению развития техники и технологий РФ «Приборостроению», влекут за собой внедрение инновационных технологий и совершенствование методик и программ обучения.

Организация учебного процесса, при изучении базовых дисциплин основной образовательной программы подготовки специалистов по информационно-измерительной технике, связана с внедрением имитационного моделирования работы электронных устройств [1].

Целью данной работы было создание виртуального прибора в составе информационно-измерительной системы, имитирующего работу модулятора, демодулятора в линии связи. Работа выполнена в рамках развития и совершенствования лабораторного практикума по дисциплине «Преобразование измерительных сигналов».

**Используемое оборудование и программное обеспечение**

Для решения поставленной задачи преобразования сигналов информационно-измерительной системы была разработана программа-имитатор сигналов и устройств преобразования. Программа для преобразования сигналов реализована в среде программирования фирмы National Instruments LabVIEW 2013.

**Описание решения**

Решение поставленной задачи связано с созданием собственных физических моделей и имитационных программ, сочетающих принципы реального физического и виртуального моделирования процессов измерений в процессе проектирования приборов и систем [2].

В результате обзора средств и систем моделирования и автоматизированного проектирования электронных устройств, приоритетным является, программный пакет LabVIEW, позволяющий создавать виртуальные измерительные приборы и системы. Его основное преимущество в расширенной линейке модулей для сквозного проектирования электронных устройств и средств автоматизации. В отличие от текстовых языков программирования (C, Pascal, Basic), LabVIEW использует графический язык программирования G (Graphics), предназначенный для создания программ в форме структурных схем [3].

Программа-имитатор состоит из моделей генератора полезного сигнала, генератора модулирующего сигнала, устройства модуляции, демодулятора, фильтра, а также линии связи, в которую вводятся помехи. Функциональная схема устройства представлена на рис.1.

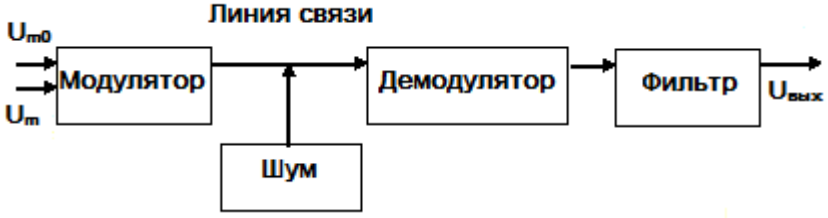



Рис. 1 Функциональная схема устройства

Был создан виртуальный прибор в среде LabVIEW имитирующий проведение реальных преобразований сигналов и передачи по линии связи. Программа-имитатор предназначена для

изучения принципа амплитудной модуляции и демодуляции сигналов. Реализация схемы ВП в LabView показана на рисунке 2.

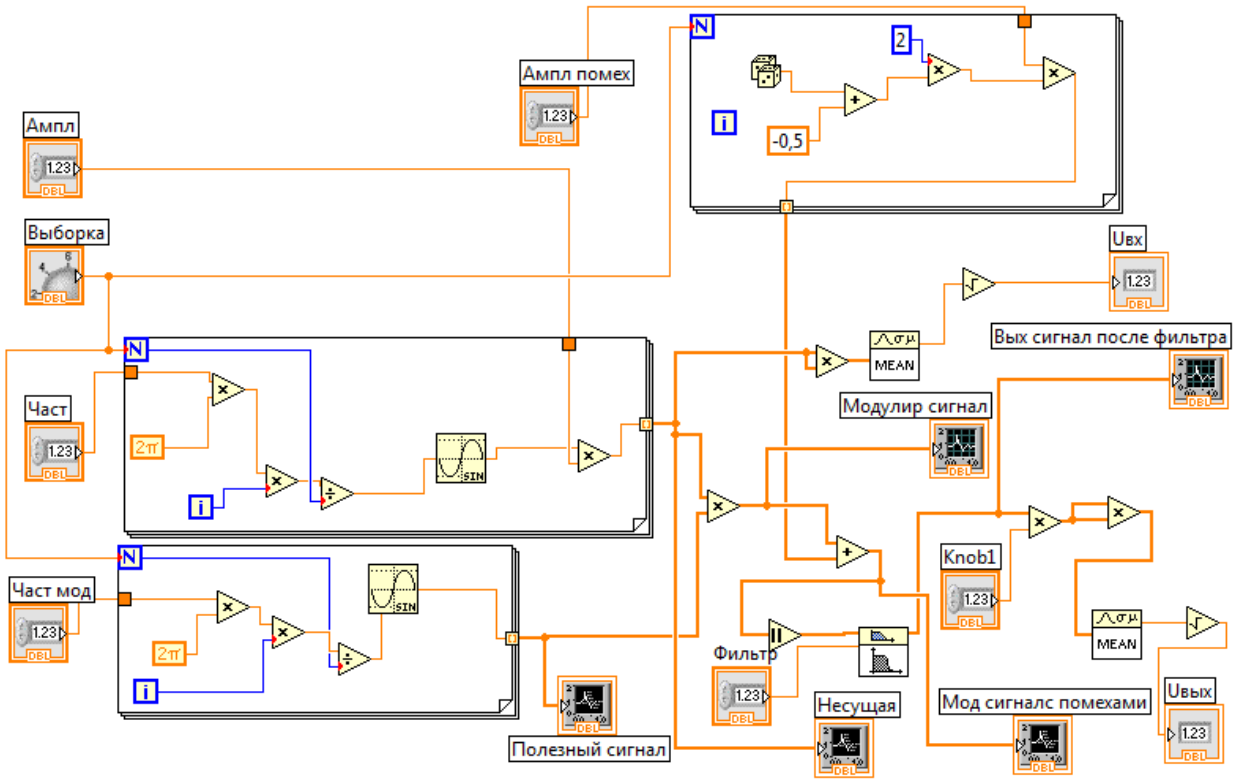



Рис. 2 - Блок-диаграмм работы виртуального прибора

Из теории передачи сигналов известно, что передача информации по линиям связи достигается определенным изменением некоторых параметров физических процессов, состояний, соединений, комбинаций элементов. Для этих целей используется изменение параметров физических процессов - колебаний или импульсных последовательностей. Подобные операции называются модуляцией. Обратные операции восстановления величин, вызвавших изменение параметров при модуляции, называются демодуляцией. Модуляция и в частности амплитудная модуляция – это кодирование в широком смысле, т. е. это процесс преобразования сообщений в сигналы.

Амплитудная модуляция в общем виде описывается выражением:

$U(t)=U_m(t)*\sin(\omega t)=U_{m0}*\sin(\Omega t)*\sin(\omega t)$

Формула (1) поясняет принцип действия модулятора, где:

$\Omega$ – частота полезного сигнала

$\omega$ – частота несущего сигнала

$U_{m0}$ – амплитуда полезного сигнала.

На лицевой панели ВП приведены осциллограммы исследуемых сигналов.

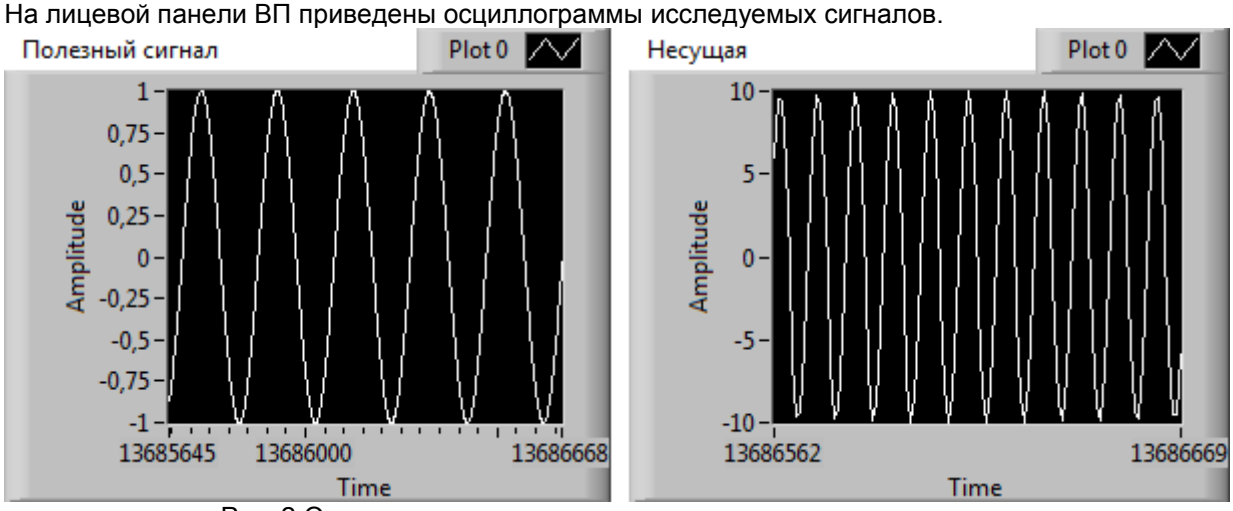



Рис. 2 Осциллограммы модулирующего и полезного сигнала

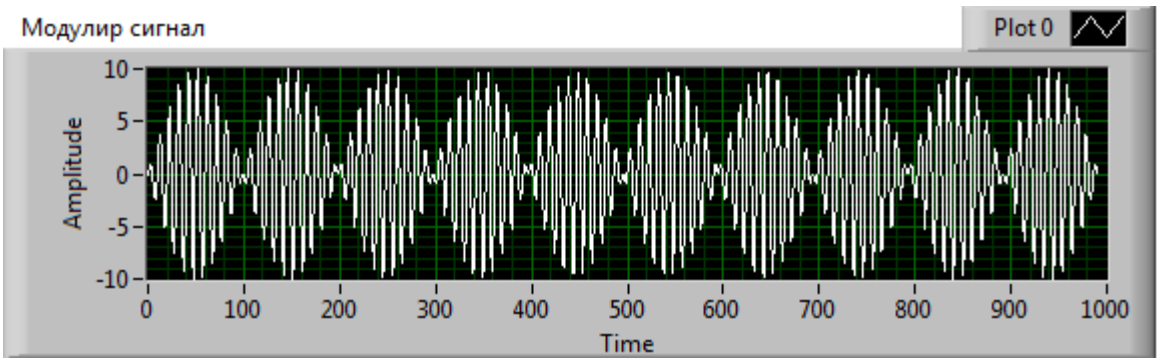



Рис. 3 Осциллограмма модулированного входного сигнала

В дополнении к основной программы была исследована зависимость $U_{вых}=f(U_{вх})$ и от уровня помех.

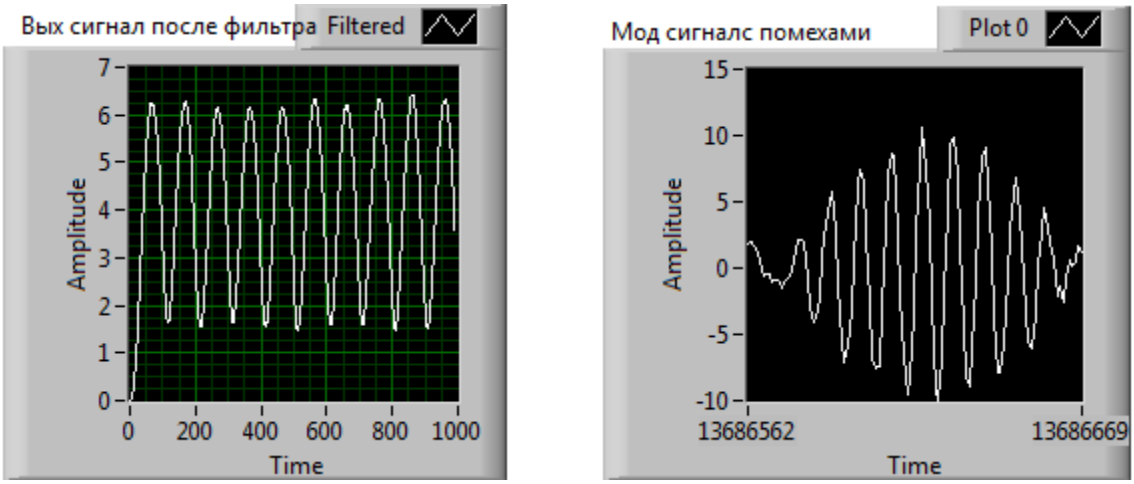



Рис. 4 Осциллограммы выходного сигнала с помехами до и после фильтра

**Внедрение и его перспективы**

Проведено моделирование линии связи с амплитудной модуляцией и влияние шума на выходную характеристику. Программа имитационного моделирования устройства преобразования сигналов и передачи по линии связи в условиях помех внедрен в учебном процессе при изучении дисциплины «Преобразование измерительных сигналов».

**Список литературы**

[1]. Никонова Г.В. Основные аспекты моделирования при изучении базовых разделов электроники. Международный журнал экспериментального образования. 2014. № 1-2. С. 148-149.
[2]. Никонова Г.В., Маркелов А.С. Линеаризация градуировочной характеристики датчика давления // Материалы I Международного симпозиума «Компьютерные измерительные технологии». - М. - 2015. С. 290-293.
[3]. http://www.ni.com/– раздел на сайте National Instruments

**TRANSFORMING OF MEASURING SIGNALS**

G.V. Nikonova, A.S. Fateeva

*Omsk State Technical University (OmSTU), Omsk, Russia*

*The article presents a work program that simulates the process of converting the signals of information-measuring system. Designed virtual instrument in LabVIEW environment is able to simulate the modulator and demodulator of signals in communication lines with signal transmission in the conditions of work interference.*

*Key world: software, virtual instrument, signal converter, modulator, demodulator, LabVIEW.*

# ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АУСКУЛЬТАЦИИ

Р.М. Галаган, И.В. Рожанская

*НТУУ «КПИ», Украина, г. Киев*

*Статья посвящена разработке прибора для проведения аускультации. Описаны основные узлы системы, принципы функционирования, а также указаны алгоритмы работы программного обеспечения.*

*Ключевые слова: аускультация, диагностика, хрипы*

## 1. Постановка задачи

Аускультация - это медицинский неинвазивный метод исследования внутренних органов людей и животных путем выслушивания возникающих в этих органах звуковых явлений: тонов и шумов сердца, звуков дыхания, шумов трения поверхности плевры и перикарда. Аускультация является важным методом исследования легких, сердца, сосудов и диагностики их заболеваний [1]. В настоящее время для проведения аускультации врачи используют стетофонендоскоп - гибкий стетоскоп, изготовленный из резиновых трубок, с резонатором на грудном конце для усиления звука, имеющим двойную головку. При этом анализ шумов и постановка диагноза выполняется врачом на слух, что, очевидно, имеет большую долю субъективизма. Для постановки точного диагноза врач должен быть специалистом с большим опытом работы и иметь очень хороший слух. Уменьшение влияния субъективного фактора при постановке диагноза по результатам аускультации и разработка программного инструментария для анализа измеренных сигналов во временной и частотной области являются важными задачами.

Работа посвящена созданию прибора для аускультации с применением стетофонендоскопа, персонального компьютера (ноутбука) и программного обеспечения фирмы National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2014. В качестве вычислительного блока использовался персональный компьютер с установленной системой Windows и встроенной звуковой картой. Для съёма информации использовался стетофонендоскоп.

## 3. Описание решения

Первичный преобразователь стетофонендоскопа, используемый в большинстве случаев врачами, не позволяет преобразовывать акустическую величину в электрическую. Для этого было предложено оставить саму конструкцию стетофонендоскопа неизменной, но добавить микрофон, который крепится внутри головки, с выводами на звуковую карту. В этом случае большую роль играет выбор микрофона, ведь он должен быть достаточно чувствительным, чтобы улавливать аномалии дыхания человека. Было проведено сравнение различных типов микрофонов и их характеристик. Показано, что оптимальным решением является использование микрофона на основе технологии MEMS (Micro Electro Mechanical Systems), поскольку на основе этой технологии сегодня создаются миниатюрные дешевые микрофоны с высокой чувствительностью.

В качестве приёмника был использован MEMS–микрофон ADMP404A. Для достижения необходимого усиления сигнала использован внешний усилитель компании Analog Devices OP177 (рис. 1).

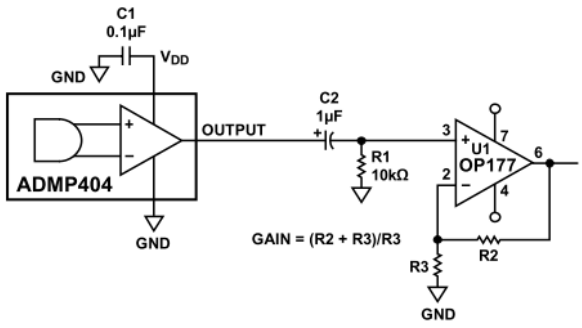



Рис. 1. Схема подключения MEMS–микрофона ADMP404A.

К чувствительному микрофону были припаяны выводы, после чего он был помещён в головку стетофонендоскопа и герметично закреплён внутри герметиком. Выводы с микрофона

подключаются к питанию (для удобства батарейки и дополнительный усилитель спрятаны в корпус) и сигнальному проводу со штекером для подключения к разъёму mini-jack на ноутбуке (рис. 2).

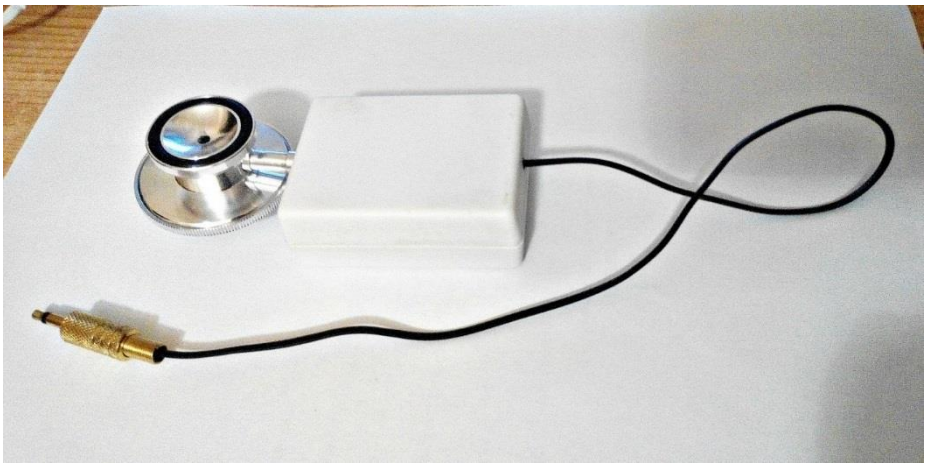


Рис. 2. Общий вид модифицированного стетофонендоскопа.

Вся собранная информация передается на компьютер, где в программе LabView создан графический интерфейс, позволяющий выполнять анализ акустических сигналов во временном и частотном диапазонах. Выбор программы LabView обусловлен тем фактом, что она является высокоэффективной средой графического программирования, в которой можно создавать гибкие и масштабируемые приложения для решения широкого круга измерительных и испытательных задач с минимальными затратами времени и материальных ресурсов.

Прибор для диагностики бронхолегочной системы должен позволять визуализироватиь во времени изменения дыхания, выводить частотный спектр хрипов, формировать электронную цифровую базу звуков дыхания верифицированных здоровых и больных пациентов, выявлять и объективизировать аускультативные признаки, содержащиеся в звуках дыхания больных. Также прибор должен позволять передавать информацию по компьютерным сетям, включая Интернет. Это способствует установлению быстрого, квалифицированного и объективного диагноза.

Интерфейс системы состоит из окон для вывода графиков принятого сигнала во временной и частотной областях и кнопок управления: настройки входа (звуковой карты, используемой в качестве устройства аналого-цифрового преобразования), настройки диагностики (выбор времени регистрации, усиление и т.п.), настройки фильтрации, статистический анализ, сервисные функции. Программное обеспечение позволяет выводить графики временного сигнала и его спектра, для вычисления которого используется быстрое преобразование Фурье. При обработке сигнала используется цифровая фильтрация и усиление [2]. Имеется возможность сохранения всех измерений, что позволяет документировать результаты контроля, а также считывать записанные результаты для последующего анализа. Интерфейс системы представлен на рис. 3.

Программа считывает данные с микрофона через звуковую карту компьютера с помощью элемента Acquire Sound, который автоматически настраивает задачи ввода, получает данные, и очищает задачи после завершения работы. Сигнал подается на вход Filter, в котором выбран полосовой фильтр Баттерворта (3-го порядка) с полосой пропускания от 100 Гц до 1000 Гц. Отфильтрованный сигнал подается на вход элемента Spectral Measurement, в котором выбрано значение Power Spectrum для отображения сигнала в частотной области.

Аускультация выполняется в несколько этапов. Задачами первого этапа является определение характера основного дыхательного шума в исследуемом органе, определение наличия или отсутствия дополнительных дыхательных шумов, при выявлении патологических изменений ориентировочное определение их характера и локализация. Задачей второго этапа является уточнение характера шумов. Разработанный виртуальный прибор был с успехом протестирован на различных этапах проведения аускультации на небольшой группе пациентов. При этом была подтверждена его работоспособность. К недостаткам можно отнести низкую чувствительность, поскольку первичный преобразователь не связан напрямую с устройством оцифровывания, а сигнал снимается с промежуточного звена – микрофона. Поэтому дальнейшим направлением работы является разработка цифрового стетофонендоскопа с измерительной головкой, сигнал с которой непосредственно передаётся на устройство оцифровывания.

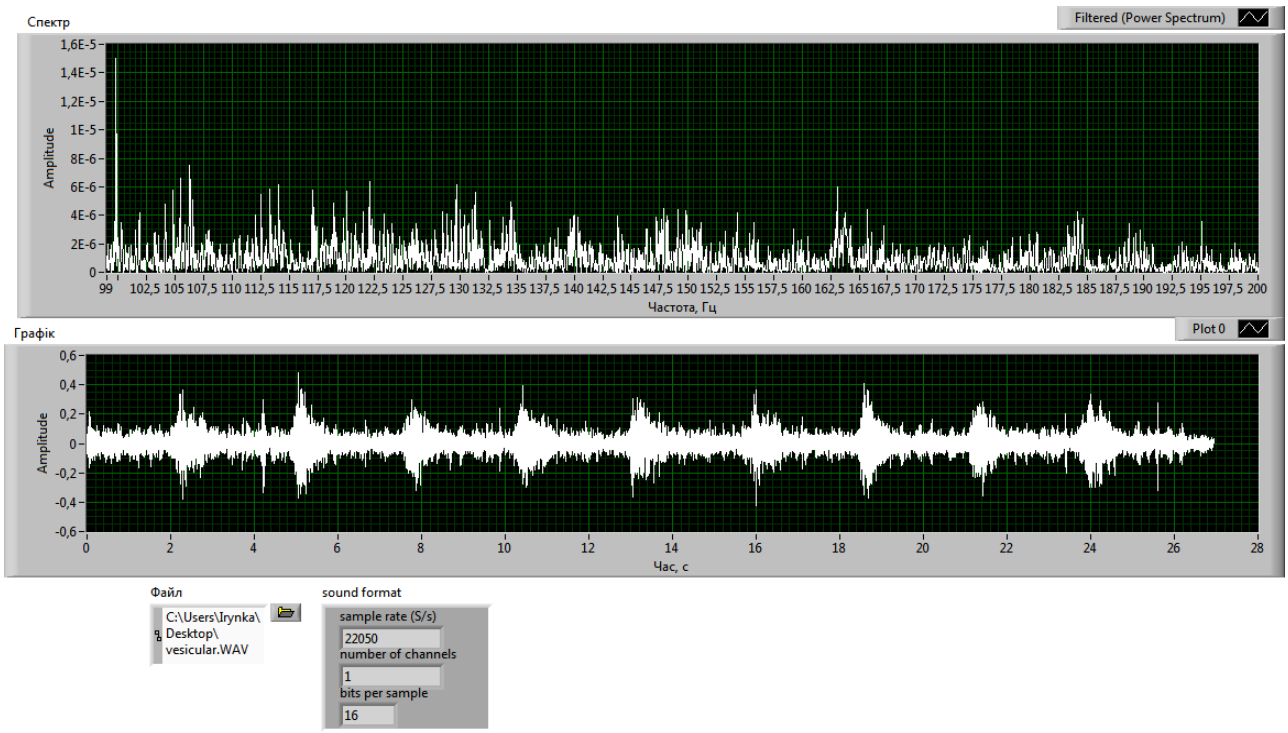



Рис. 3. Интерфейс системы.

**4. Внедрение и его перспективы**

Система является идеальным вспомогательным средством для обучения студентов медицинских специальностей. При проведении лабораторных работ преподаватели могут на построенной и выведенной на экран компьютера диаграмме продемонстрировать сбой работы различных органов (бронхолегочной или сердечной систем). Также система может быть использована в медицинских учреждениях.

**5. Список литературы**

[1]. Абросимов В.Н. Нарушения регуляции дыхания: монография / В.Н. Абросимов. - М.: Медицина, 1990. – 244 с.

[2]. Федосов В.П. Цифровая обработка сигналов в LabVIEW: учеб. пособие / В.П. Федосов, А.К. Нестеренко– М.: ДМК Пресс, 2007. – 456 с.

## DEVICE FOR AUSCULTATION

R.M. Galagan, I.V. Rozhanskaia

*NTUU "KPI", Kiev, Ukraine*

*The article is devoted to development of the device for auscultation. Describes basic units of the system, functioning principles, as well as specifying algorithms of software.*

*Keywords: auscultation, diagnostics, wheeze*

# ПРОГРАММА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВКЛЮЧЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СТРУКТУРЫ СИЛОВОГО ТИРИСТОРА

Н. Н. Беспалов, М. В. Ильин, А. П. Косолапов

*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Институт электроники и светотехники, кафедра электроники и наноэлектроники Республика Мордовия, г. Саранск*

*Статья посвящена разработке программы моделирования распространения включенного состояния по полупроводниковой структуре силового тиристора. Проект реализован в программном пакете LabVIEW. Он позволяет моделировать включение тиристорных полупроводниковых структур с произвольно заданной формой и размерами управляющего электрода.*

*Ключевые слова: тиристор, включенное состояние, управляющий электрод, моделирование*

**1. Постановка задачи**

В настоящее время тиристоры являются наиболее мощными электронными ключами. Коммутируемый ими ток может достигать 5 кА, напряжение до 10 кВ. Однако мощные тиристоры с большой площадью эмиттера включаются неравномерно по всей площади, и непосредственно после включения анодный ток сначала локализуется в относительно узкой области вблизи управляющего электрода (УЭ) и только через некоторое время распределяется по всей площади прибора [1]. Процесс распространения включенного состояния относительно медленный. Он ограничивает динамические параметры тиристора, его устойчивость при резко возрастающем токе, повышает потери при переключении. С повышением частоты анодного тока медленное распространение включенного состояния может стать причиной того, что часть полупроводниковой структуры вообще не будет учувствовать в проводимости, не успевая включаться. Принимая во внимание, что значительная часть выходов из строя тиристоров обусловлена перегревом структуры, учет процесса распространения включенного состояния при проектировании конструкции силовых тиристоров можно считать одним из главных условий достижения высоких характеристик быстродействия и надежности.

С другой стороны, рассматриваемый процесс не имеет однозначного аналитического описания [2], что затрудняет оптимизацию конструкции тиристоров в этом направлении. Большинство существующих решений в основном связаны с изменениями конструкции и формы УЭ [3]. Для оценки скорости включения структур с управляющими электродами различных форм была разработана программа моделирования распространения включенного состояния в полупроводниковой структуре силового тиристора.

**2. Используемое программное обеспечение**

Среда графического программирования – LabVIEW 2012, NI Vision

**3. Описание решения**

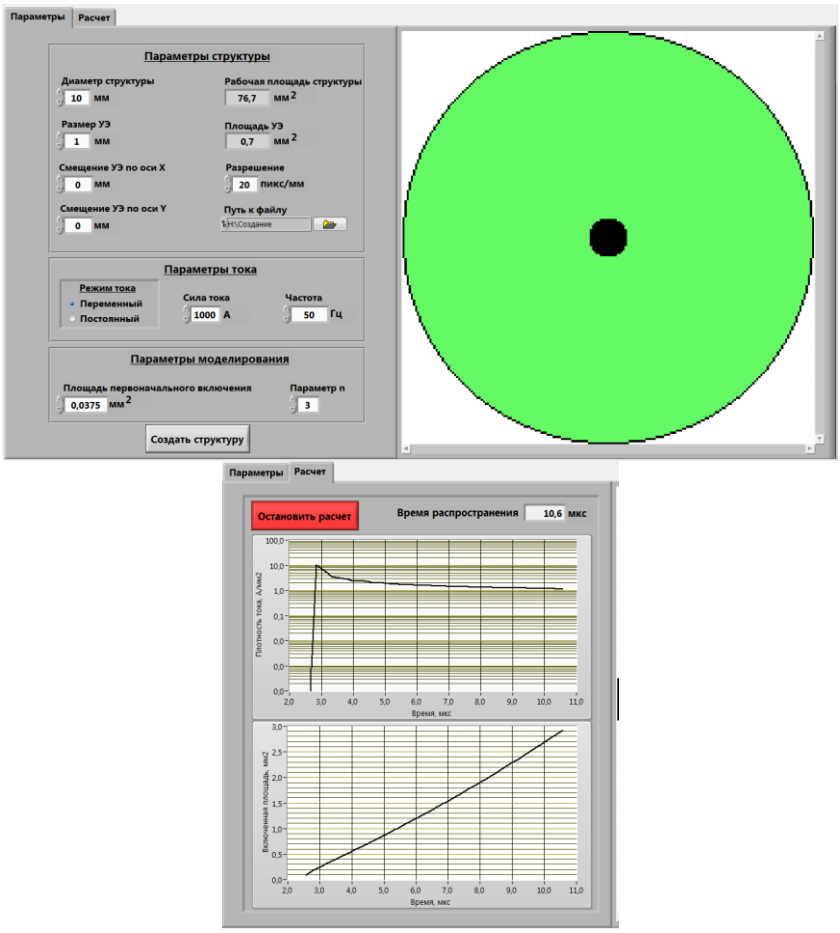
В основе расчета времени включения тиристора лежит зависимость скорости распространения включенного состояния от плотности анодного тока тиристора:

$$v = J^{1/n}$$

Данная зависимость получена рядом ученых на основании экспериментальных данных [2]. До начала распространения включенного состояния в тиристоре открыта только площадь первоначального включения, расположенная вблизи УЭ, при этом величина анодного тока соответствует установившемуся значению. Расчет времени включения происходит итеративно: на каждой итерации осуществляется малое приращение включенной площади и, с помощью приведенной выше формулы и известного с прошлой итерации значения плотности анодного тока, производится расчет времени, за которое произошло приращение. Далее плотность тока пересчитывается, исходя из нового значения включенной площади, и начинается следующая итерация. Когда включенной окажется вся рабочая площадь прибора, сумма времен приращений всех итераций даст общее время включения прибора. Так как под скоростью распространения включенного состояния понимается скорость продвижения границы между включенной и невключенной областями вглубь невключенной области, то прирост включенной площади при прохождении фронтом включенного состояния единичного пути зависит от формы включенной области и, в конечном итоге, от формы УЭ, от которого и начинается распространение. Эскиз УЭ

загружается из bmp файла, а его размеры и положение настраиваются с лицевой панели программы.

Интерфейс программы, изображённый на рис. 1*а*, представляет собой дисплей для просмотра анимации распространения включенного состояния и Tab Control. Tab Control на вкладке «Параметры» содержит элементы настройки процесса моделирования, а во вкладке «Расчёт» – результаты моделирования. Вкладка «Расчет» представлена на рис. 1*б*.



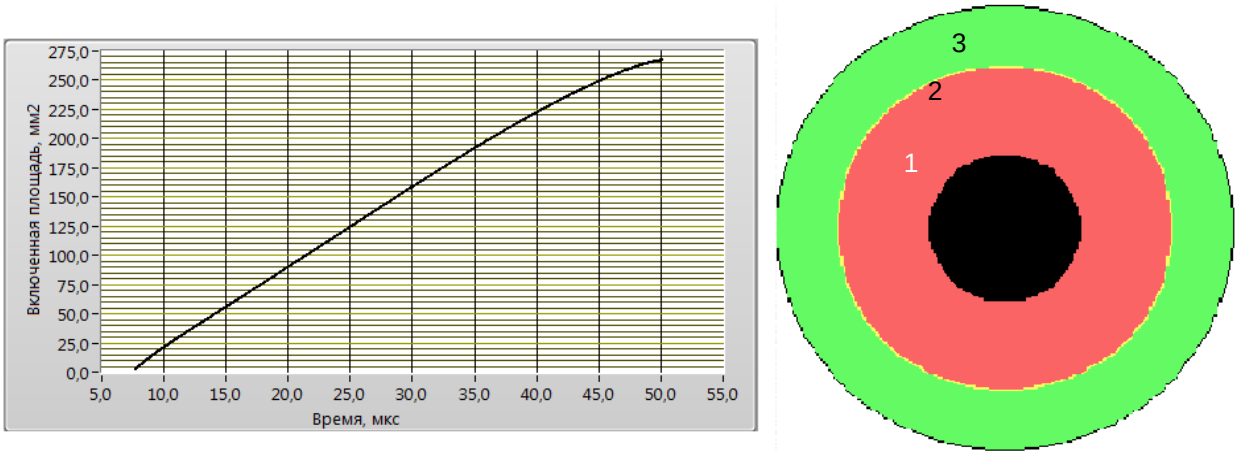

а) б)

Рис. 1. Интерфейс программы моделирования

Для демонстрации возможностей разработанной программы было произведено моделирование двух тиристорных структур с одинаковым диаметром 32 мм и рабочей площадью, но с разными формами УЭ. Электрический режим задавался со следующими параметрами: форма тока – полусинусоидальная; амплитуда тока – 1000 А; частота – 10 кГц.

Выбранный режим моделирования ориентирован на одно из практических применений тиристоров, которым является эксплуатация тиристоров в резонансных инверторах, предназначенных для индукционной плавки металлов. В данном применении тиристоры используются на относительно высоких частотах коммутации. Таким образом, предварительная оценка качества включения тиристора при проектировании преобразователя достаточно важна, так как необходимо выбрать наиболее оптимальный тип тиристора. Ошибка может привести к тому, что тиристор будет существенно недоиспользоваться относительно предельных своих параметров, а так же дополнительно возрастут потери при эксплуатации преобразователя.

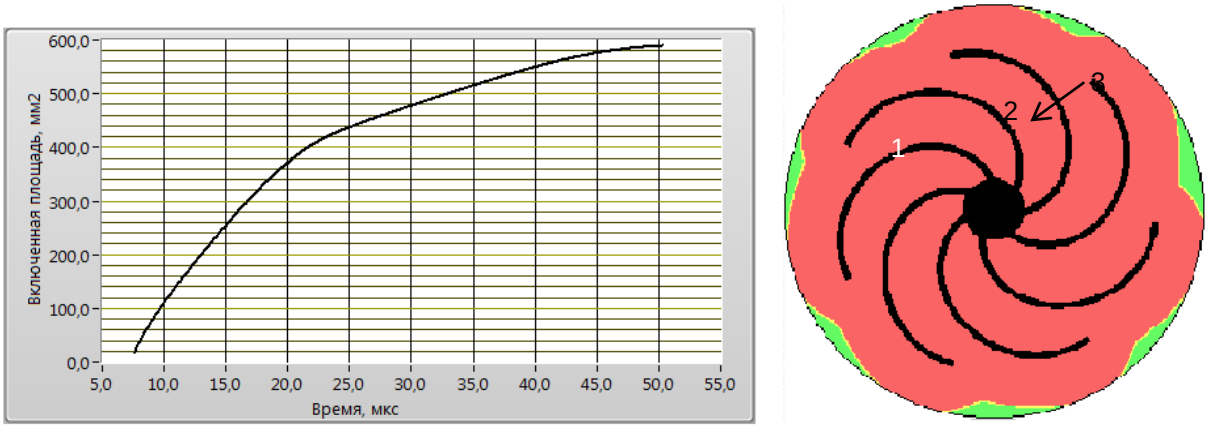
Результаты моделирования представлены на рис. 2 и рис. 3. На рис. 2*а* представлена временная зависимость включённой площади на интервале времени длительности полусинусоидального импульса тока. На рис 2*б* представлена структура с включенной областью. Цветовой разметкой и дополнительно цифрами обозначены следующие области: УЭ – чёрная область (1); включенная площадь структуры тиристора – красная (2), оставшаяся невключенная область тиристорной структуры – зелёная (3).




**а)** **б)**

Рис. 2. Моделирование тиристорной структуры с круглым УЭ.

На рис. 3 представлены результаты моделирования для аналогичного электрического режима, но для тиристорной структуры с разветвлённым УЭ.




**а)** **б)**

Рис. 3. Моделирование тиристорной структуры с разветвлённым УЭ.

По результатам моделирования видно, что в обоих случаях за полупериод тока структура не открылась полностью, однако при использовании УЭ более развитой формы удалось достичь открытия значительно большей площади структуры. В первом случае структура открылась только на 42 % от всей рабочей площади, однако во втором случае тиристорная структура оказалась включена на 95 % относительно рабочей площади.

Таким образом, можно сделать вывод о том, что форма УЭ значительно влияет на процесс включения тиристора и имеет большое значение, особенно при работе тиристоров на повышенных частотах. Следовательно, при проектировании преобразователей разработчик должен иметь подобный программный пакет для оценки процессов происходящих при включении тиристоров, что бы получить более качественное изделие. Основным достоинством данной программы является относительно невысокие требования к аппаратному обеспечению.

**4. Внедрение и его перспективы**

Данный проект может использоваться при разработке аппаратно-программных комплексов испытательного оборудования для полупроводниковых тиристоров.

## 5. Список литературы

[1]. Дерменжи П. Г. Силовые полупроводниковые приборы / П. Г. Дерменжи, Ю. А. Евсеев – М.: Энергоиздат, 1981. – 472 с.

[2]. Блихер А. Физика тиристоров. / А. Блихер; пер. с англ. И. В. Грехова. – Л.: Энергоиздат. Ленингр. отд-ние, 1981. – 250 с.

[3]. Герлах В. Тиристоры. / В. Герлах; пер. с нем. Ю. А. Евсеева. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 328 с.

**THE SIMULATION PROGRAM OF PROPAGATION OF THE ON STATE IN THE SEMICONDUCTOR STRUCTURE OF POWER THYRISTOR**

N. N. Bespalov, M. V. Ilyin, A. P. Kosolapov

*National Research Mordovia State University, Saransk, Republic of Mordovia, Russia*

*Article is devoted to development of the program of simulating propagation of the on state in the power thyristor semiconductor structure. The project is realized in a software package of LabVIEW. It allows to simulate switching of thyristor semiconductor structures by gates with form and the sizes accessible to set.*

*Keywords: thyristor, on state, gate, simulating*

# ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ

И.С. Лузянин[1], А.Б. Петроченков[1], А.В. Ромодин[1], В.К. Гладков[1,2], К.Ю. Суслов[1], Н.А. Черепанов[1]

*1. Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ), г. Пермь*
*2.ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», г. Пермь,*

*Рассматривается процесс создания программно-аппаратного комплекса структурно-функционального анализа электрических сетей на базе модулей CompactDAQ фирмы National Instruments. Приведена развернутая схема разрабатываемого комплекса, указаны его основные блоки. Описан подход к формированию структуры электрической сети и ее анализу, механизм взаимодействия аппаратной и программной частей комплекса.*

*Ключевые слова: CompactDAQ, структурно-функциональный анализ, электрическая сеть, программно-аппаратный комплекс*

## 1. Постановка задачи

В настоящее время на отраслевых предприятиях России активно внедряются отечественные и международные стандарты и требования по повышению энергоэффективности систем электроснабжения (СЭС).Выполнение этих требований в ряде случаев предусматривает изменение существующей структуры СЭС, а также методов их управления и обслуживания [1]. В частности, вводится малая генерация, системы SmartGrid, плановые показатели экономии энергии. Внедрение каждой новой технологии сопровождается использованием отдельного программно-аппаратного комплекса, решающего узко специализированную задачу в рамках одного объекта. Количество программно-аппаратных комплексов, работающих на промысловых объектах неуклонно растет, что приводит к структурным и функциональным проблемам.

Решением данной проблемы может стать разработка единой системы планирования структурных и функциональных изменений СЭС промысловых объектов с целью повышения их энергоэффективности и экономической рентабельности. Одним из ключевых элементов данной системы должен стать разрабатываемый программный комплекс.

Работа посвящена созданию программно-аппаратного комплекса структурного и функционального анализа СЭС отраслевых предприятий на основе применения оборудования *CompactDAQ* и *PXI*, и программного обеспечения *LabVIEW*. позволяет с одной стороны, синтезировать различные структурно-функциональные схемы СЭС, с другой, может производиться моделирование различных режимов работы СЭС с целью определения оптимального состава оборудования.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществляется в среде программирования *NI LabVIEW*11.0.1 с модулем *NI LabVIEW DAQ Assistan*t. Для реализации системы была использована платформа *NI CompactDAQ*.

## 3. Описание решения

Структурная схема программно-аппаратного комплекса представлена на рисунке 1.

Программно-аппаратный комплекс имеет модульную структуру. Каждый модуль является законченным приложением, что обеспечивает хорошую переносимость комплекса и позволяет применять его как при полунатурном и натурном моделировании СЭС с использованием аппаратной части, так и при математическом моделировании. Программная часть комплекса состоит из нескольких приложений. Приложение сбора данных (2) предназначено для обеспечения информационной связи между аппаратной частью (1) (или ее математической моделью) и другими приложениями комплекса. Приложение (2) обеспечивает передачу технологических параметров моделируемой системы от объекта в хранилище данных (3), содержащую необходимые сведения о текущем состоянии исследуемого объекта. Структурно-функциональный анализ модели СЭС осуществляется в приложении расчета (4), реализованном в среде *LabVIEW* 11.0.1. Интерфейс пользователя реализуется в приложении визуализации (5), которое предоставляет интерфейс для отображения модели СЭС и ее состояния Приложение также обеспечивает возможность определения пользователем структуры сети и позволяет выбирать оборудование, установленное в исследуемой СЭС (данные опции доступны, если структура модели не задана жестко аппаратной частью). В качестве аппаратной части выступают лабораторные стенды систем электроснабжения, а также полунатурная модель активно-адаптивной электрической сети, развернутые на кафедре микропроцессорных средств автоматизации ПНИПУ.

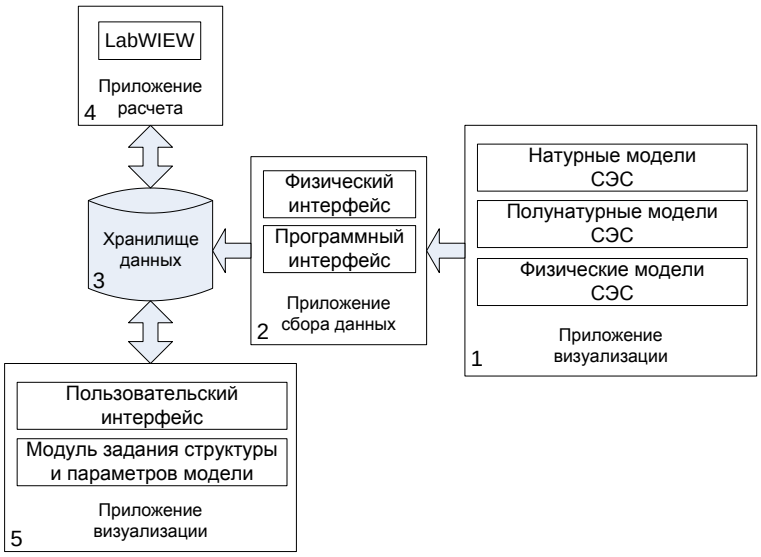



Рис. 1. Структурная схема системы.
На рисунке 1 представлены: 1 –аппаратная часть; 2- приложение сбора данных; 3- хранилище данных; 4- приложение расчета; 5- приложение визуализации.

Приложение сбора данных (рисунок 2) реализовано в программном комплексе *LabVIEW* 11.0.1. Оно осуществляет передачу данных от исследуемой модели СЭС к хранилищу данных программной части комплекса двумя способами: через аппаратный интерфейс (платформа *CompactDAQ*) [2] и программным путем при помощи обменных файлов, генерируемых математической моделью объекта (при математическом моделировании, а также при заполнении данных о структуре сети и составе ее оборудования).

Основную нагрузку выполняют приложения (4) и (5). Приложение (4) также реализовано в среде *LabVIEW*. В качестве метода расчета используется матрично-топологический метод, который основан на применении матрицы инциденции, описывающей структуру сети, и матриц параметров сети, описывающих ее состояние [3]. Данный подход позволяет проводить расчет параметров для любых конфигураций сети и любых режимов ее работы в реальном времени. Приложение взаимодействует с хранилищем данных, состоящим, как показано на рисунке 2, из базы данных (БД) технологических параметров и БД объектов схемы.

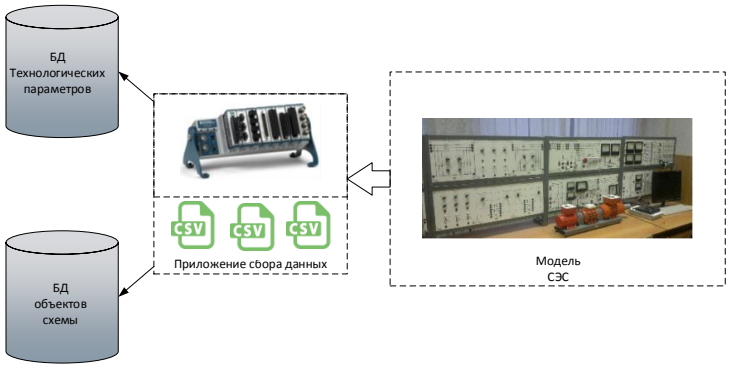



Рис. 2. Структурная схема приложения сбора данных.

Приложение визуализации представляет собой автоматизированную систему оперативного диспетчерского управления (АСОДУ) с настраиваемыми параметрами. Приложение имеет два режима работы: режим анализа текущего состояния исследуемой модели СЭС и режим конфигурирования модели СЭС (доступен только при использовании математической модели). В режиме анализа система функционирует как «стандартная» АСОДУ с элементами системы поддержки принятия решений. В режиме конфигурирования система позволяет пользователю самостоятельно настраивать структуру и параметры модели СЭС. Эти изменения вносятся в модель перед запуском приложения в режиме анализа. Взаимодействие между приложениями происходит через хранилище данных.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработка программного комплекса ведется в рамках работ, проводимых кафедрой микропроцессорных средств автоматизации и научно-образовательным центром энергосбережения ПНИПУ на предприятиях группы компаний ЛУКОЙЛ. Кроме того, комплекс может быть интегрирован в учебный процесс и научную деятельность кафедры, связанную с исследованиями в области повышения энергоэффективности СЭС.

**5. Список литературы**


[1]. Руденко Ю.Н., Семенова В.А. Автоматизация диспетчерского управления в электроэнергетике – М.: МЭИ, 2000.

[2]. CompactDAQ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ni.com/daq, свободный (дата обращения: 08.11.2016).

[3]. Petrochenkov A. B. An Energy-Information Model of Industrial Electrotechnical Complexes. *Russian Electrical Engineering*, 2014, Vol. 85, No. 11, pp. 692–696. DOI: 10.3103/ S1068371214110108.


## SOFTWARE AND HARDWARE PACKAGE FOR STRUCTURAL AND FUNCTIONAL ANALYSIS OF ELECTRICAL GRIDS


И.С. Лузянин[1], А.Б. Петроченков[1], А.В. Ромодин[1],
В.К. Гладков[1,2], К.Ю. Суслов[1], Н.А. Черепанов[1]

*1. PNRPU, Perm, Russia,*
*2. «LUKOIL-PERM» Ltd., Perm, Russia,*



*The development process of software and hardware package for structural and functional analysis of electrical networks based on NI CompactDAQ modules is considered. Detailed scheme of the package with its main modules is shown. Approach to electrical grid structure creating and its analyzing as well as interaction mechanism between hardware and software parts of the package is described.*



*Ключевые слова: CompactDAQ, structural and functional analysis, electrical network, software and hardware package*

# РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ИЗМЕНЕНИЯ ТОКА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИОДОВ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРФЕЙСА MYDAQ

А. Я. Суранов

*Алтайский государственный университет*

*В статье рассмотрены возможности расширения диапазона изменения тока при измерении прямой и обратной ветви вольт-амперной характеристики (ВАХ) диодов с помощью интерфейса myDAQ. Показано, что при измерении прямой ветви ВАХ слаботочных диодов диапазон измерения тока в схеме с одним резистором составляет 3,5 – 4 порядка. При использовании для измерения ВАХ сильноточных диодов схемы с коммутацией двух или трёх токоограничивающих резисторов диапазон измерения тока может быть расширен до 6 – 7 порядков. Также показано, что минимальный измеряемый с помощью myDAQ обратный тока кремниевых диодов может составлять единицы наноампер.*
*Ключевые слова: вольт-амперная характеристика, myDAQ, логарифмирование тока, коррекция смещения.*

## 1. Постановка задачи

Измерение вольт-амперных характеристик (ВАХ) полупроводниковых приборов, в частности диодов, является одной из наиболее распространённых учебных задач, встречающихся в курсах радиоэлектроники [1, 2]. Для решения этой задачи используется метод вольтметра-амперметра, который в реальности сводится к измерению напряжений на исследуемом диоде и токоизмерительном резисторе, который, как правило, является одновременно и токоограничивающим. Таким образом, для измерения ВАХ диода в квазистатическом режиме [2] необходимо сформировать ступенчато нарастающее напряжение и измерить указанные выше напряжения. В последние годы для решения данной задачи вместо специализированного оборудования всё шире начинают применяться гибкие системы на основе универсальных устройств сбора данных (УСД).

Применению таких устройств в учебно-исследовательской деятельности посвящено достаточно большое число публикаций [3, 4], однако представляется, что в данных работах не учтены некоторые особенности этих устройств, которые могут исказить измеряемые характеристики или ограничить диапазон измерений. Целью данной работы является исследование и компенсация погрешностей, вносимых интерфейсом myDAQ [5] в результаты измерения ВАХ полупроводниковых диодов. Такая компенсация является одним из способов повышения точности расширения диапазона измеряемых токов. Работоспособность предложенных решений показана на примере измерения ВАХ ряда диодов.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Измерение вольт-амперных характеристик полупроводниковых диодов осуществлялось с помощью интерфейса NI myDAQ, работающего под управлением среды NI LabVIEW.

## 3. Описание решения

Функциональные возможности интерфейса myDAQ включают генерацию и ввод двух аналоговых сигналов с частотой дискретизации до 200 кГц и точностью 16 двоичных разрядов. Диапазон входных и выходных напряжений этого интерфейса составляет ± 10 В, однако выходной ток ограничен величиной 2 мА. Это накладывает ограничение на величину максимального тока при измерении прямой ветви ВАХ и диктует выбор сопротивления токоограничивающего резистора не менее 5 кОм при использовании всего диапазона напряжения. В этом случае представляет интерес оценка возможности одновременного измерения с помощью той же схемы и обратной ветви ВАХ (при изменении полярности выходного напряжения). Сложность измерения такой ветви обусловлена низким уровнем обратных токов, особенно для кремниевых диодов, и, соответственно, малой величиной падения напряжения на указанном токоограничивающем резисторе.

При реализации схемы измерения ВАХ диодов с помощью интерфейса myDAQ возможны два основных варианта подключения резистора и диода к его входам, показанные на рисунках 1 и 2. И, хотя в интерфейсе myDAQ оба канала аналогового ввода по умолчанию конфигурируются на работу только по дифференциальной схеме, напряжение с нижнего элемента измеряется фактически по схеме RSE (измерение относительно «земли»). Таким образом, в первой схеме напряжение, по которому рассчитывается ток, измеряется по дифференциальной схеме, во второй схеме – относительно общего провода. Кроме этого, при измерении прямой ветви ВАХ большая часть подаваемого напряжения будет падать на резисторе, в то время как при измерении обратной ветви

– на диоде. Поскольку при этом уровни напряжения на входах соседних каналов будут существенно отличаться, необходимо оценить возможное взаимовлияние каналов myDAQ.

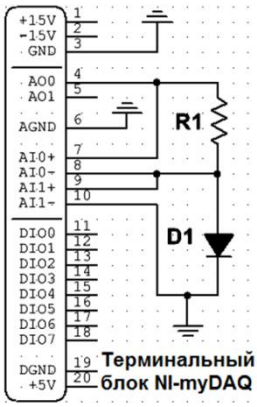



Рис. 1 Схема с заземлённым диодом

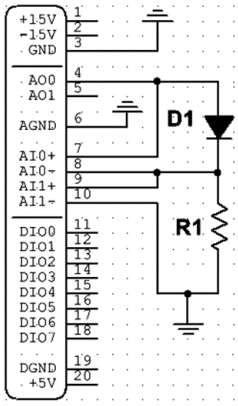



Рис. 2 Схема с заземлённым резистором

На рисунке 3 показана зависимость смещения, регистрируемого на короткозамкнутом входе канала при изменении напряжения на входе соседнего канала с 0 до 10 В. Такое смещение не будет оказывать существенного влияния на измерение прямой ветви ВАХ с относительно большим током через резистор и диод. Поэтому для измерения этой ветви можно использовать как первую, так и вторую схему. Такой же вывод можно сделать и по измерению ВАХ диодов с большой величиной обратного тока, например, германиевых диодов или диодов Шоттки.

Однако при измерении чрезвычайно малых обратных токов кремниевых диодов указанный источник погрешности становится превалирующим. Так, в частности, при использовании указанного выше сопротивления 5 кОм ток, соответствующий смещению 0,5 мВ будет равен 100 нА. Как показывают практические результаты, в наибольшей степени такое смещение влияет на измерение тока в схеме с заземлённым резистором. Для компенсации данного смещения целесообразно пересчитать его в ток и вычесть из значений измеренного тока. Однако такой способ может только снизить погрешность, но не даёт истинного значения обратного тока, особенно при малых значениях обратного тока.

Снижение погрешности измерения обратного тока кремниевых диодов может быть достигнуто использованием схемы измерения с заземлённым диодом (рис. 1), существенным увеличением сопротивления токоизмерительного резистора, коррекцией смещения нуля и максимально возможным снижением частоты дискретизации в сочетании с увеличением количества отсчётов с целью их усреднения в режиме регистрации группы выборок. На рисунке 4 показаны сравнительные результаты измерения обратной ветви ВАХ диода КД521 с помощью интерфейса myDAQ и блоков NI 9263 и NI 9222 интерфейса CompactDAQ. В обоих случаях использовался резистор 560 кОм. Частота дискретизации в интерфейсе myDAQ была равна 1 кГц, число выборок – 2000. Как видно из графиков, результаты идентичны. Необходимо отметить, что такие характеристики для myDAQ получены с помощью коррекции нуля тока, которая обеспечивается многократным измерением тока при подаче на схему нулевого напряжения и последующего вычитания усреднённого смещения.

На рисунке 5 показана зависимость обратных ВАХ диода КД521 от частоты дискретизации при сопротивлении резистора 560 кОм, свидетельствующая о сильной зависимости вида этих ВАХ от данного параметра. Такая зависимость и требует минимизации частоты дискретизации.

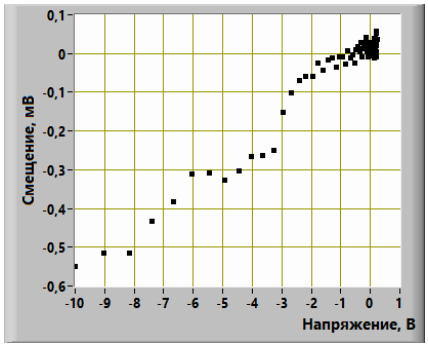



Рис. 3. Зависимость смещения в короткозамкнутом канале от напряжения в соседнем канале

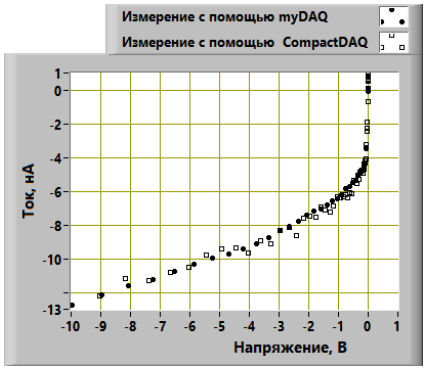



Рис. 4. Обратная ветвь ВАХ диода КД521

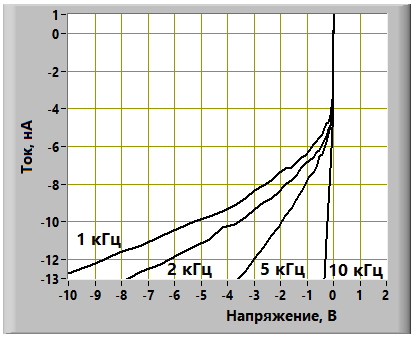



Рис. 5. Вид обратных ВАХ диода КД521 при различных частотах дискретизации

Для показа возможностей измерения прямой ветви ВАХ диодов целесообразно представлять их в логарифмическом масштабе по оси тока. На рисунке 6 приведена ВАХ диода Шоттки 1N5817,

измеренная при токоограничивающем сопротивлении 5 кОм. Как видно из данного графика, измеряемый ток изменяется на 3,5 – 4 порядка, а крутизна данной характеристики составляет 60 мВ на декаду, что хорошо согласуется с теорией плавных p-n переходов. При расширении диапазона токов до 1 А, например за счёт использования усилителя Vernier [6], и применения двух или трёх токоограничивающих резисторов диапазон токов может быть расширен до 6 – 7 порядков (рис. 7). (В этой схеме использовались резисторы сопротивлением 10 Ом, 1,1 кОм и 100 кОм, коммутируемые реле с управлением от myDAQ). Таким образом, можно говорить об одновременном измерении ВАХ диодов как в микро-, так и в макрорежиме.

Необходимо отметить, что такая характеристика диода FR607 была получена при учёте и вычитании вклада объёмного сопротивления диода, которое проявляется при больших токах. Величина объёмного сопротивления определялась с помощью аппроксимации ВАХ суммой экспоненциальной и линейной функций при варьировании наклона линейной функции в определённом диапазоне объёмных сопротивлений, и нахождения минимума ошибки аппроксимации.

Возможность измерения вольт-амперной характеристики диодов в широком диапазоне позволяет исследовать механизмы формирования тока диодов (например, выявлять преобладающую диффузионную или рекомбинационную компоненту прямого тока, или генерационную или тепловую составляющую обратного тока [7]). Для лучшего разделения соответствующих участков ВАХ целесообразно рассчитать скорость изменения такой характеристики (рис. 8).

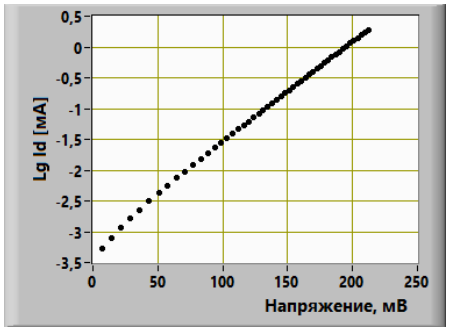



Рис. 6. Прямая ветвь ВАХ диода Шоттки 1N5817

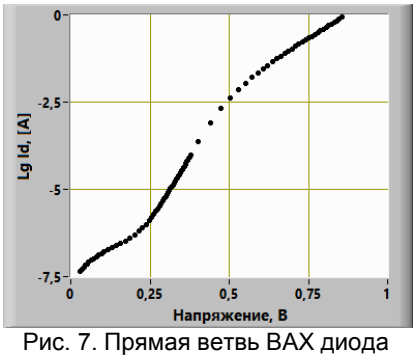



Рис. 7. Прямая ветвь ВАХ диода FR607

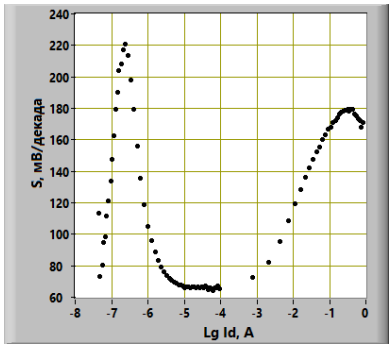



Рис. 8. Характеристика скорости нарастания ВАХ диода FR607

**4. Внедрение и его перспективы**

Результаты данного исследования внедрены на кафедре радиофизики и теоретической физики Алтайского государственного университета при проведении лабораторных работ ко курсам радиоэлектроники и полупроводниковой электроники. Оперативность и точность измерения ВАХ позволяют за отведённое время изучить большее количество типов полупроводниковых приборов или более подробно исследовать один тип.

**5. Список литературы**


[1]. Потехин А. А., Чурин А. Ю., Оболенский С. В. Измерение вольт-амперных характеристик полупроводникового диода: Практикум. – Нижний Новгород: Нижегородский госуниверситет, 2014. – 22 с.

[2]. Глинченко А.С., Егоров Н.М., Комаров В.А., Сарафанов А.В. Исследование параметров и характеристик полупроводниковых приборов с применением интернет-технологий: учеб. пособие. – М.: ДМК Пресс. 2014. – 352 с.

[3]. Батоврин В.К., Бессонов А.С., Мошкин В.В., Глумов В.М. Новые лабораторные практикумы на образовательных платформах NI myDAQ и NI ELVIS II. Инженерные, научные и образовательные приложения на базе технологий National Instruments – 2011: Сборник трудов X международной научно-практической конференции, Москва, 8-9 декабря 2011 г. – М.: ДМК Пресс, 2011. – С. 274 – 276.

[4]. Халфин Т.М., Максимкин А.И., Семененко А.Н., Панасенко Р.А. Учебный лабораторный стенд «Электричество». Инженерные и научные приложения на базе технологий National Instruments – 2012: Сборник трудов XI международной научно-практической конференции, Москва, 6-7 декабря 2012 г. – М.: ДМК Пресс, 2012. – С. 213 – 215.

[5]. NI myDAQ [Electronic resource]. – URL: http://www.ni.com/mydaq/, свободный.

[6]. Power Amplifier [Electronic resource]. – URL: https://www.vernier.com/products/sensors/pamp/, свободный.

*[7].* Гуртов В.А. Твердотельная электроника: Учебное пособие – 2-е изд., доп. М.: Техносфера, 2007. – 408 с.

# EXTENDING RANGE VARIATION CURRENT FOR MEASURING CURRENT-VOLTAGE CHARACTERISTICS OF THE DIODES USING AN INTERFACE MYDAQ

*A.Y. Suranov*

*Altai State University*

*The article deals with the possibility of expanding the range of current in the measurement of the forward and backward branches of the current-voltage characteristics (CVC) of diodes using myDAQ interface. It is shown that for the forward branch the CVC of low-current diodes the range of current measurements with one resistor circuit was equal 3.5 - 4 orders of magnitude. Current measurement range can be extended to 6 - 7 orders when two or three current limiting resistor is used to measure the current-voltage characteristics of high-current diodes. It is also shown that the minimum measured reverse current of silicon diodes using myDAQ can amount to a few nanoamperes.*
*Keywords: current-voltage characteristic, myDAQ, logarithm current, offset correction*

# РЕАЛИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ КОНКУРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА LabVIEW

*Боровинских М.Д. , студент 3 курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств»*
*Руководитель Полещенко Д. А., к.т.н., доцент Старооскольский технологический институт им.А.А. Угарова*

Особым видом самообучения является так называемое конкурентное обучение, когда все нейроны сети «соревнуются» между собой за право быть активным, реализуя принцип «победитель получает все» (winner takes all).[1] В результате в сети активируется только один нейрон. Именно эта особенность конкурентного обучения обеспечила ему широкое использование в задачах классификации и кластеризации.[1]

В данной работе рассматривается пример конкурентного обучения нейронной сети, распознающей образы символов русского алфавита. (В качестве образов использовались массивы, 6x6 пикс.). Для реализации был использован пакет LabVIEW.

Для подачи на нейронную сеть каждое изображение символа было преобразовано в матрицу, размером 6x6 пикс., в которой пикселям черного цвета соответствует 1, белого – 0. Затем, путем последовательной выборки элементов по столбцам матрицу преобразовали в вектор с 36 элементами.

Первый слой является распределительным. Второй слой функционирует по формуле 1:

$$y_j = \sum_{i=1}^{n} w_{ij}\ x_i, \qquad (1)$$

где $x_i = (x_1, x_2, \dots x_n)$ – входной вектор (для каждого образа длина вектора составляет 36 элементов), $w_{ij} = (w_{1j}, w_{2j}, w_{3j}, \dots w_{nj})$- вектор весовых коэффициентов j-го нейрона второго слоя (всего во втором слое 5 нейронов). Нейрон-победитель определяется по максимальному значению выхода. В процессе обучения вектор весовых коэффициентов каждого нейрона «приближается» к одному из входных векторов (образов).

Особенностью этой сети является то, что кроме прямых связей, передающих информацию со входа на выход через синаптические веса $w_{ij}$, в ней присутствуют поперечные (латеральные связи).

Случайное начальное распределение весовых векторов может привести к тому, что всегда будет побеждать один и тот же нейрон (весовые векторы других нейронов будут слишком далеко от всех входных векторов). Поэтому, были пронормированы вектор весовых коэффициентов и вектор входных значений (формулы 1 и 2), а нейрон-победитель определялся по минимуму произведения евклидова расстояния между входным и весовым вектором на частоту побед данного нейрона $f_j$ (формула 3):

$$\tilde{w} = \frac{w_j}{\|w\|}, \tilde{x} = \frac{x}{\|x\|} \qquad (1), (2) \qquad d_v = \min_j (\|\tilde{x} - \tilde{w}^j\| f_i) \qquad (3)$$

Шансы нейрона на победу уменьшаются с увеличением количества побед, что дает преимущество остальным нейронам [2].

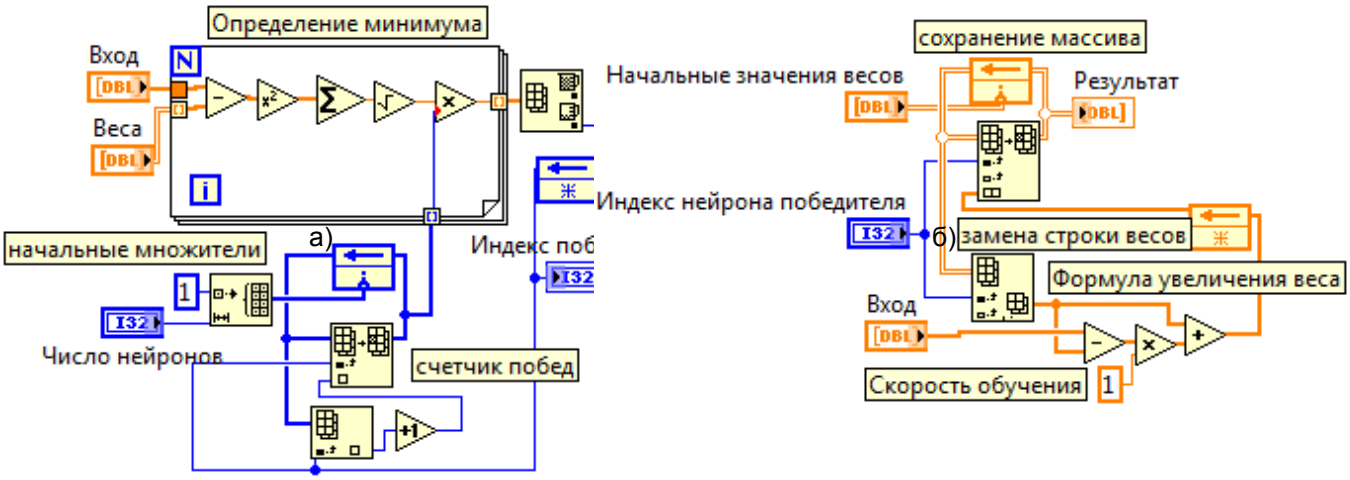



Рис.1. Реализация формул (3)-а) и (4)-б) в LabVIEW, подпрограммы 1 и 2.

Для победившего нейрона изменяли вектор весовых коэффициентов по формуле 4:

$$\tilde{w}_{ij}(t+1) = \tilde{w}_{ij}(t) + b\left(\tilde{x}_i - \tilde{w}_{ij}(t)\right), \quad (4)$$

где *b* - скорость обучения.

После корректировки вектора весов снова последовательно подавали входные образы, находили нейрон-победитель и т.д. Конкурентное обучение продолжалось до тех пор, пока максимум евклидова расстояния между любым входным вектором и соответствующим ему вектором весов победителя не достиг заданного малого значения [2]. (В данной сети взято 1000 эпох).

После обучения нейронная сеть смогла разделить на классы 5 образов:

Таблица 1.

| *Поданный образ* | *W* | *N* | *I* | *P* | *D* |
|---|---|---|---|---|---|
| *Нейрон-победитель* | 2 | 5 | 3 | 4 | 1 |

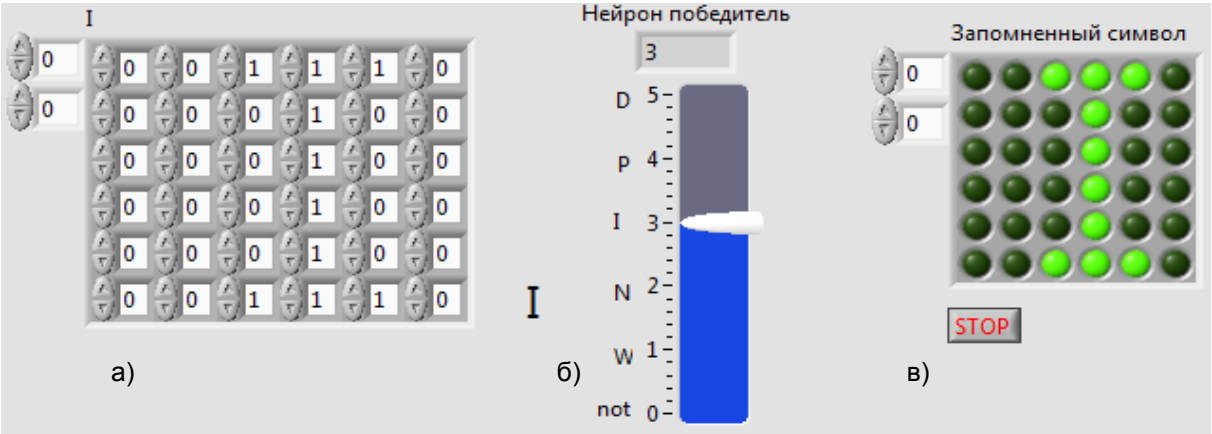



Рис. 2. а)-подаваемый образ для сравнения, б)-выбор подаваемого образа, в)-проекция запомненных сетью весов и кнопка Стоп.

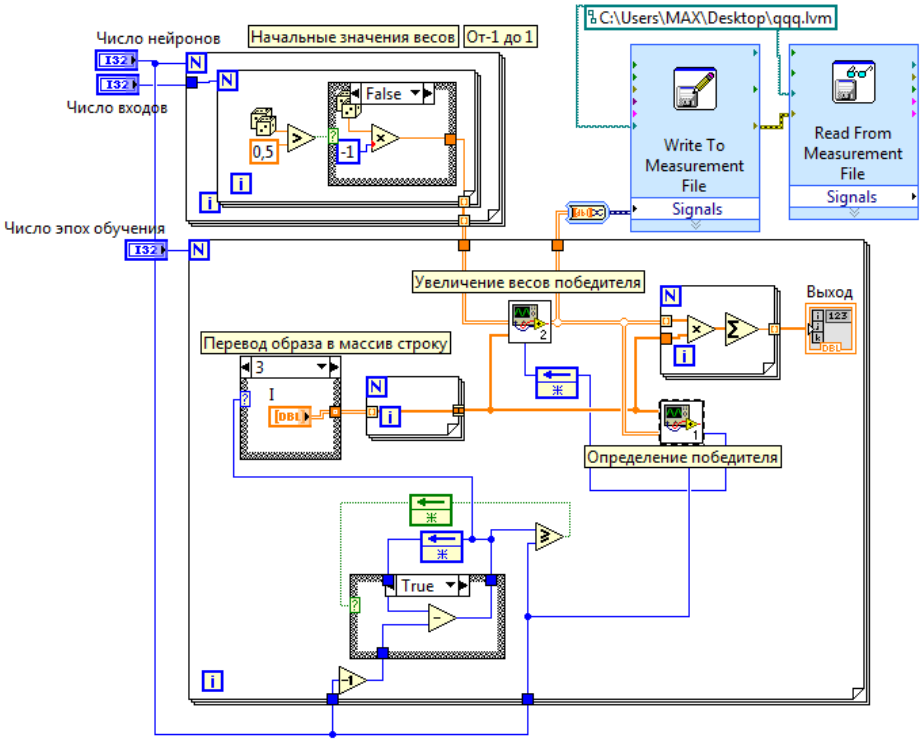



Рис.3. Блок диаграмма обучения с подпрограммами 1 и 2 для формул (3) и (4) соответственно .

**Рассмотрим влияние искажений на распознание одного из символа «I»:**




Рис. 4. искажено 6 пикселей




Рис. 5. искажено 10 пикселей




Рис.6. искажено 12 пикселей

**Вывод**

Реализована конкурентная нейронная сеть в пакете LabVIEW, разработан интерфейс для изучения свойств сети. Изучено влияние шумов на символ «I», как видно при искажении 12 пикселей (30% образа) сеть распознает «I» как «N».

**Список литературы**

[1]. Бодянский Е.В., Руденко О.Г. Искусственные нейронные сети: архитектуры, обучение, применения. Харьков, «Телетех», 2004.- 372с.

[2]. Р.Х. Садыхов, М.М. Лукашевич. Лабораторный практикум .- Мн.: БГУИР, 2006. – 32с.

# СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАОТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ

А. И. Каримов[1], И. А. Лизунова[1], А. А. Солдаткина[1], Е. Н. Попова[1], В. А. Бертыш[1]

*1. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург*

*В статье описывается программно-аппаратный комплекс для исследования поведения аналоговых хаотических систем, в т.ч. в режиме синхронизации. В качестве примера объекта исследования выбрана цепь, моделирующая хаотическую систему Рёсслера. Комплекс реализован на основе лабораторной станции NI ELVIS с использованием платы сбора данных NI DAQ 6251. Программная часть комплекса разработана средствами среды графического программирования LabVIEW.*

*Ключевые слова: динамический хаос, хаотическая синхронизация, система сбора данных, система Рёсслера, LabVIEW, DAQmx.*

## 1. Постановка задачи

Хаотические системы являются популярным предметом исследования с точки зрения их возможного применения в системах связи, шифрования сигналов, генерации псевдослучайных чисел и т.д. Одним из наиболее интересных свойств хаотических систем, позволяющих строить на их основе устройства защищенной широкополосной связи, является возможность их синхронизации по одной переменной [1]. Наиболее распространенной техникой моделирования непрерывных хаотических систем является построение генераторов хаоса на схемотехнических элементах. Для повышения эффективности научных исследований в области нелинейной динамики и упрощения разработки инженерных приложений, использующих детерминированный хаос, требуется автоматизированная система сбора и обработки хаотических сигналов. Настоящая статья показывает, как подобный инструмент может быть создан с помощью программно-аппаратных средств National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

NI *Multisim 2015,* NI LabVIEW 2015 Professional Development System, NI ELVIS.

## 3. Описание решения

В качестве объекта исследования была выбрана хаотическая система Рёсслера. Система смоделирована двумя синхронизируемыми аналоговыми цепями, реализованными с применением операционных усилителей Opa2277 и умножителей Analog Device 633GM. Модифицированное уравнение системы Рёсслера имеет вид:

$$\begin{aligned} \dot{x} &= -y - dz \\ \dot{y} &= x + ay \\ \dot{z} &= b + z(x - c) \end{aligned} \qquad (1)$$

Параметры системы были выбраны таким образом, чтобы режим генерируемых колебаний был хаотическим [1] $a = 0.2,\ b = 0.2,\ c = 5.7.$ Дополнительный параметр $d = 2$ позволяет отмасштабировать аттрактор системы с учетом ограничения на максимальное значение напряжения, измеряемого доступными инструментальными средствами, равное 10 В.

Одним из простых и эффективных способов синхронизации хаотических систем является синхронизация по разности переменных состояния [2]. Общую систему уравнений для двух связанных таким способом систем Рёсселра можно записать в виде:

$$\begin{aligned} \dot{x_1} &= -y_1 - dz_1 + k\,(x_2 - x_1) \\ \dot{y_1} &= x_1 + ay_1 \\ \dot{z_1} &= b + z_1(x_1 - c) \\ \dot{x_2} &= -y_2 - dz_2 + k\,(x_1 - x_2) \\ \dot{y_2} &= x_2 + ay_2 \\ \dot{z_2} &= b + z_2(x_2 - c) \end{aligned}$$

Схема цепи, моделирующая систему Рёсслера, была разработана с помощью среды схемотехнического моделирования NI *Multisim (рис. 1) и протестирована, после чего собрана на макетной плате Prototyping Board станции NI ELVIS (рис. 2).*

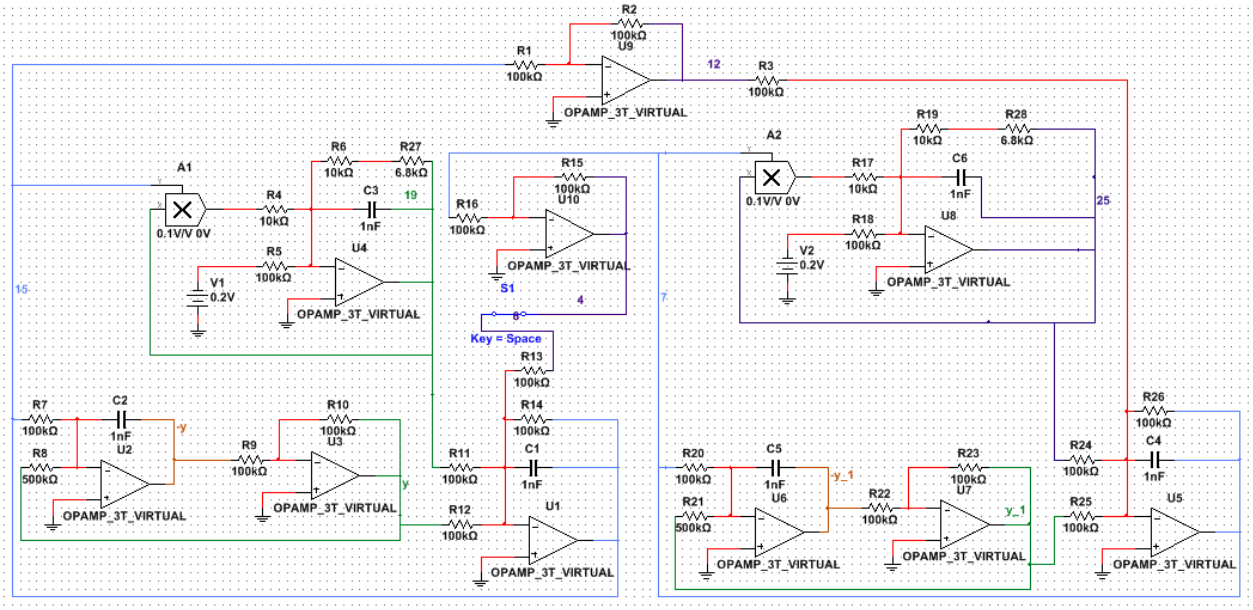



Рис. 1. Схема синхронизации хаотических цепей, моделирующих систему Рёсслера

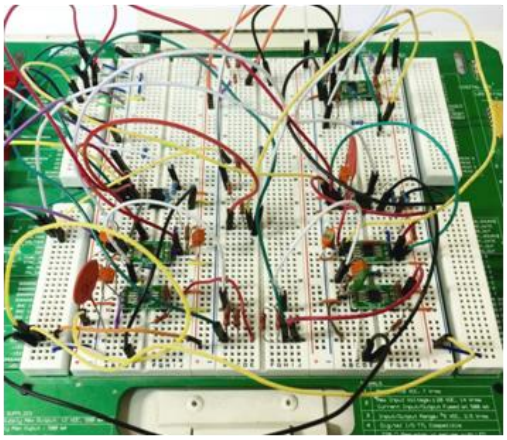


Рис.2 Внешний вид схемы

Разработанный в программной среде LabVIEW виртуальный прибор (рис. 3) реализует процесс сбора аналоговых сигналов с помощью технологии NI DAQmx и платы NI DAQ 6251.

На лицевой панели прибора (рис. 4) исследователь может наблюдать фазовые портреты синхронизируемых систем и график погрешности синхронизации во времени. С помощью аналогового выхода макетной платы Prototyping Board станции NI ELVIS можно задавать один из параметров системы в форме аналогового напряжения. В ходе исследований, проведенных с помощью разработанных программно-аппаратных средств было установлено, что для синхронизации хаотических цепей на макетной плате с высокой точностью как по фазе, так и по амплитуде, необходимо использовать прецизионные или тщательно подобранные электронные компоненты.

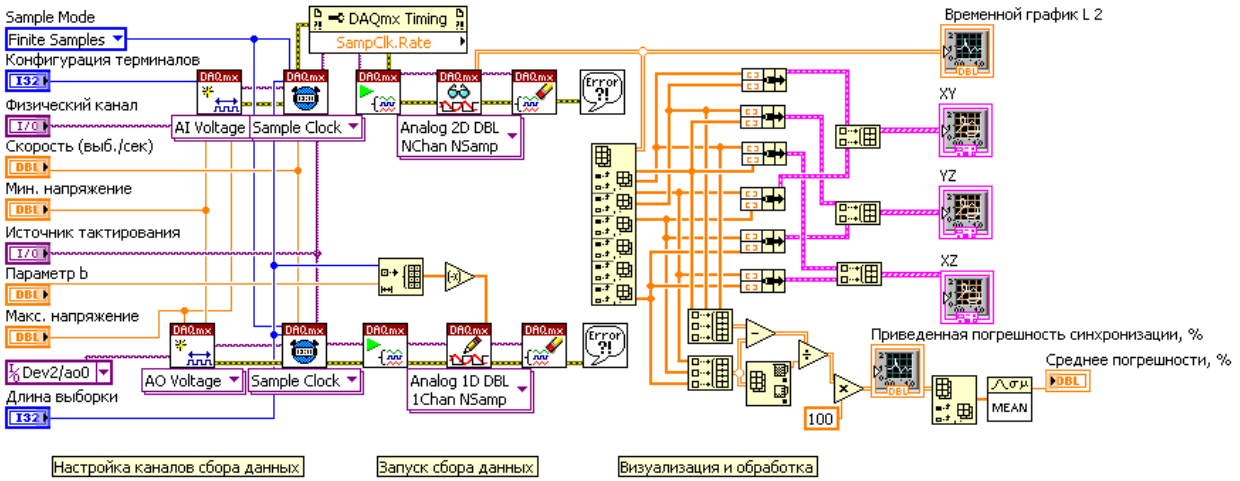



Рис. 3 Блок-диаграмма виртуального прибора исследования хаотических сигналов

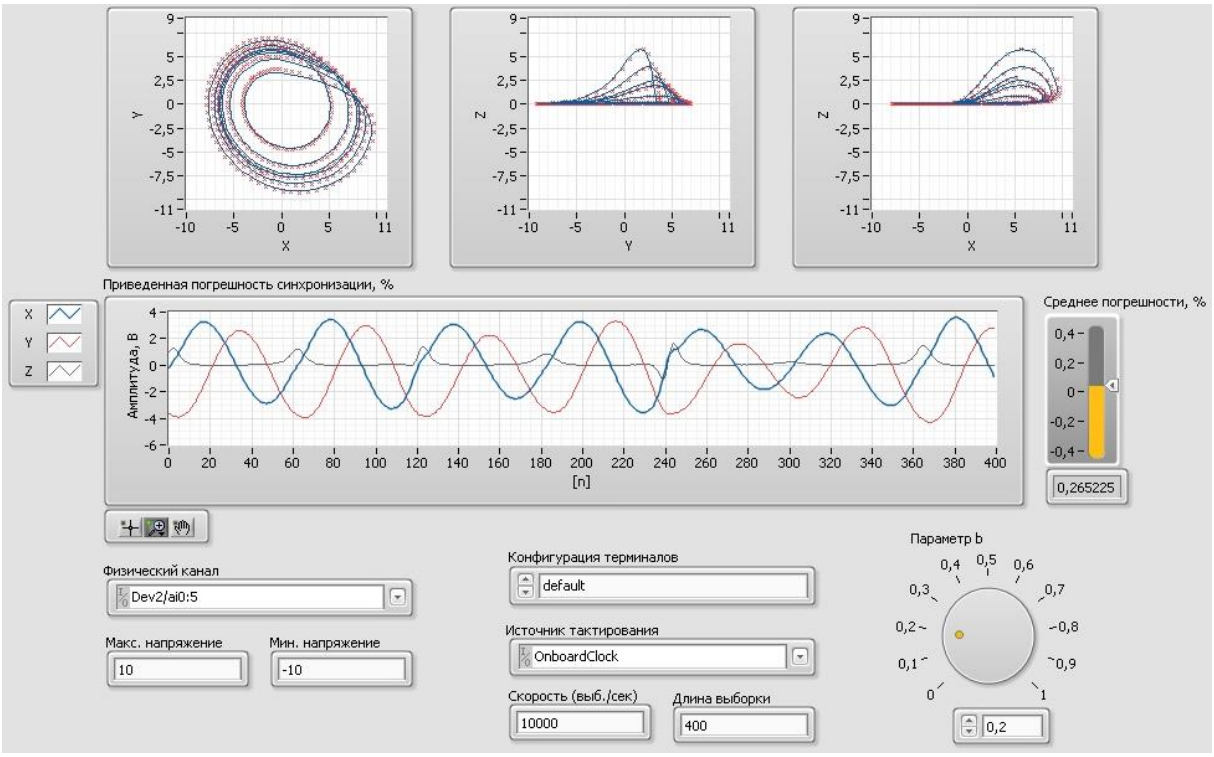



Рис. 4. Лицевая панель прибора исследования хаотических сигналов

## 4. Внедрение и его перспективы

Разработанный комплекс автоматизации научных исследований используется в учебно-научном центре «Технологии National Instruments» кафедры САПР СПбГЭТУ "ЛЭТИ" при проведении НИР «Теоретические основы гибридного моделирования нелинейных динамических систем», поддержанного грантом РФФИ 16-31-00264, а также в учебном процессе дисциплин "Схемотехника" и "Компьютерные технологии виртуализации".

## 5. Список литературы

[1]. Pecora L.M., Caroll T.L. Synchronization in Chaotic Systems // Physical Review Letters. 1990. № 8 (64). С. 821–825.

[2]. Buscarino A. [и др.]. Synchronization of two Rossler systems with switching coupling // arXiv:1507.01992 [nlin.CD]. 2015.

## AUTOMATED SYSTEM FOR CHAOTIC CIRCUITS RESEARCH

T.I. Karimov[1], I.A. Lizunova[1], A.A. Soldatkina[1], E.N. Popova[1], V.A. Bertysh[1].

*1. Saint Petersburg Electrotechnical University "LETI", Saint-Petersburg, Russia.*

*The article describes the hardware and software complex for analog chaotic systems research. Chaotic synchronization technique considered for Rössler system. Operation amplifier-based circuits were chosen to simulate two analog Rössler systems. Automated research complex, based on NI ELVIS and NI DAQ 6251 hardware, is described. All software was developed in NI LabVIEW graphical programming environment.*

*Keywords: dynamical chaos, chaotic synchronization, data acquisition, Rössler system, LabVIEW, DAQmx*

# СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СТЕНДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ

Б.Б. Новицкий

*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва,*

*В статье рассматриваются особенности проводимых измерений и измерительная система стенда для получения характеристик семейства малоразмерных центробежных компрессоров, работающих на различных рабочих телах (неон, криптон, аргон, воздух). Приведена схема и описание проводимых измерений, а также пример полученных экспериментальных данных.*

*Ключевые слова: NI USB-6225, мониторинг температуры, мониторинг давления, малоразмерный центробежный компрессор*

## 1. Постановка задачи

Маломощные многоцелевые энергетические установки, предназначенные для электро-, тепло- и холодоснабжения автономных потребителей являются основой развития систем распределенной энергетики, позволяющей избавиться от потерь возникающих при передаче электроэнергии на значительные расстояния, особенно в труднодоступные районы. Для решения указанной проблемы также может быть использована замкнутая газотурбинная установка (ЗГТУ), работающая на органическом топливе и способная работать на различных рабочих телах, где выбор рабочего тела позволяет оптимизировать проточную часть турбомашин в широком диапазоне мощностей [1, 2].

Создание ЗГТУ невозможно без отработки ряда критических узлов. Главной трудностью является определение характеристик малоразмерного центробежного компрессора при работе на рабочих телах, отличных от воздуха, что требует создания специального изолированного от атмосферы стендового оборудования. Характеристики компрессоров представляются в виде зависимостей к.п.д. и степени повышения давления в зависимости от расхода рабочего тела.

Работа посвящена созданию и отработки системы измерений экспериментального стенда для исследования характеристик малоразмерного центробежного компрессора (ЦБК) с применением оборудования фирмы National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

При создании измерительной системы стенда для решения поставленной задачи использовалась среда программирования NI LabVIEW 8.5 и модуль USB-6225 [3].

## 3. Описание решения

Структурная схема измерительной системы представлена на рис. 1.

На экспериментальном стенде (5 на рис. 1) расположены термопары и преобразователи давления, которые измеряют температуры и статические давления газа в проточной части стенда. Далее, преобразованные в аналоговый сигнал, напряжения с датчиков поступают на модуль M6225 (1 на рис. 1), далее через порт USB передаются в персональный компьютер (2 на рис. 1), где значения напряжения пересчитываются, обрабатываются и выводятся на экран (рис. 2) в виде значений характеристик. С помощью преобразователя USB-RS-485 (3 на рис. 1) осуществляется управление статическим частотным преобразователем (4 на рис. 1), который задаёт частоту вращения электропривода центробежного компрессора. На выставленной частоте вращения, после стабилизации показаний термопар, снимаются показания датчиков и записываются в текстовый файл для дальнейшей обработки.

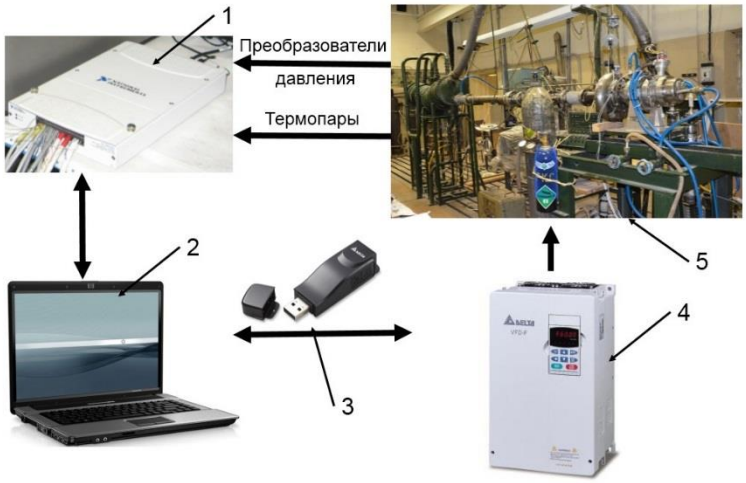



Рис. 1. Схема измерительной системы.

На рисунке 1 представлены: 1 – многофункциональный модуль NI USB-6225; 2 – персональный компьютер; 3 – преобразователь USB-RS-485; 4 – преобразователь частоты; 5 – экспериментальный стенд.

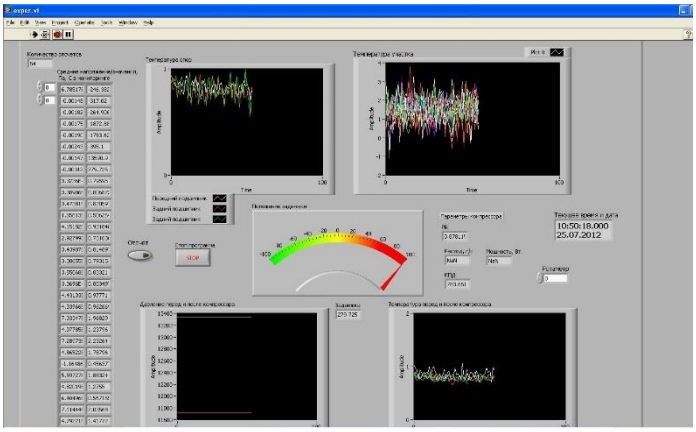


Рис. 2. Виртуальная панель приборов реализованная с помощью ПО LabVIEW.

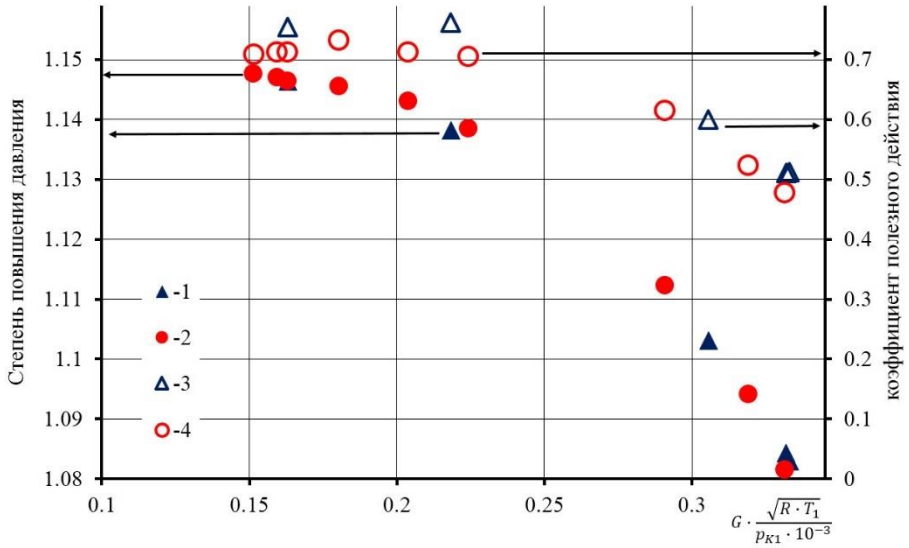



Рис. 3. Результаты экспериментальных исследований компрессора при работе на воздухе при приведённой частоте вращения $\bar{n} = 0{,}45$

На рисунке 3 представлены: 1 – Степень повышения давления ЦБК в эксперименте №1; 2 – Степень повышения давления ЦБК в эксперименте №2; коэффициент полезного действия в эксперименте №1; 4 – коэффициент полезного действия в эксперименте №2.

Применение оборудования National Instruments позволило заменить старую измерительную систему, основанную на вольтметрах и манометрических щитах, что существенно снизило временные затраты на подготовку и проведение экспериментальных исследований, в тоже время это позволило верифицировать известные программные комплексы численного трёхмерного моделирования (ANSYS CFX) по результатам экспериментов [4, 5].

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная измерительная система внедрена в НИИ ЭМ МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва. Планируется дальнейшая модернизация измерительного оборудования, в частности с целью повышения автоматизации экспериментов и увеличения количества измеряемых параметров.

Работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ (госзадание № 2014/104, код проекта 2092).

**5. Список литературы**

[1]. Арбеков А.Н. Выбор рабочего тела для замкнутых газотурбинных установок мощностью от 6 до 12 кВт, работающих на органическом топливе // Теплофизика высоких температур. 2014. Т. 52, №1. С.131-135

[2]. Манушин Э.А., Бекнев В.С., Осипов М.И., Суровцев И.Г. Ядерные газотурбинные и комбинированные установки // М.: Энергоатомиздат, 1993. 271 с.

[3]. Описание и технические характеристики многофункционального модуля NI USB-6225 (серия M). Режим доступа: http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/209156 (дата обращения 14.09.2014).

[4]. B.B. Novitskiy and A.N. Arbekov Calculation characteristics of centrifugal compressor operates on a mixture of gases // International Conference on the Methods of Aerophysical Research (ICMAR 2016) AIP Conference Proc. 2016. 1770. doi: 10.1063/1.4964031.

[5]. Новицкий Б.Б. Сравнение методов замыкания при моделировании течения в малоразмерном центробежном компрессоре // Наука и образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. 2015. № 06. С. 67-82. URL. http://technomag.bmstu.ru/doc/778604.html.

## THE DIAGNOSTIC SYSTEM STAND EQUIPMENT FOR RESEARCH OF SMALL CENTRIFUGAL COMPRESSORS

B.B. Novitsky

*Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia,*

*The article discusses the features of measurements and measuring systems stand for the characteristics of small centrifugal compressors operating at different working bodies (air, neon, argon, krypton). The scheme and description of the measurements, as well as an example of the experimental data.*

*Keywords: NI USB-6225, temperature monitoring, pressure monitoring, small-size centrifugal compressor*

# СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

А.Р. Фахразеев, Г.П. Щербаков, А.Ю. Ролич, С.Г. Ефремов, Л.С. Восков

*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва*

*В статье рассматривается процесс создания системы дистанционного управления и сбора данных для проведения лабораторных практикумов на основе оборудования «Elvis II» фирмы National Instruments в рамках концепции Промышленного Интернета Вещей. Приведена структура системы и рассмотрены основные принципы взаимодействия её частей. Описан процесс взаимодействия с системой со стороны пользователя. Представлены направления дальнейшего развития системы.*

*Ключевые слова: NI Elvis II, лабораторный практикум, удалённый доступ, Интернет Вещей, Промышленный Интернет Вещей, MQTT, облачные вычисления, IBM Bluemix.*

## 1. Постановка задачи

Лабораторный комплекс NI Elvis II [1] является одним из самых распространённых и эффективных в проведении лабораторных экспериментов. В настоящее время он используется в качестве основного учебного стенда при обучении молодых специалистов основам электротехники, в частности, в пределах департамента электронной инженерии МИЭМ НИУ ВШЭ. Во время работы с комплексом существует необходимость иметь к нему непосредственный прямой физический доступ для осуществления интерактивного взаимодействия. Также для корректной работы требуется предустановленное программное обеспечение, с помощью которого пользователь будет осуществлять работу со стендом. В связи с этим усложняется общая организация работы с оборудованием, отсутствует возможность проведения лабораторной работы для большого количества обучающихся и возникает необходимость быстрой и упрощённой организации процесса проведения лабораторных практикумов. Для решения данной проблемы предлагается внедрение дистанционного управления и сбора данных со стендов при помощи сети Интернет, облачных вычислений и тонких клиентских веб-приложений, которые в совокупности позволяют осуществить множественный упрощённый доступ к оборудованию, используемому в лабораторных работах.

Работа посвящена разработке системы дистанционного управления и сбора данных для проведения лабораторных практикумов на оборудовании National Instruments при помощи технологий, используемых в рамках концепции Интернета Вещей [2] и Промышленного Интернета Вещей [3].

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Разработка программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществляется в среде программирования NI LabVIEW 13.0 с драйвером NI-DAQmx. В качестве аппаратной части системы используется лабораторный комплекс NI Elvis II с модулем-расширением «ТОЭ». В качестве дополнительных компонентов реализации были использованы облачный сервис IBM Bluemix [4] и логика передачи сообщений по протоколу MQTT.

## 3. Описание решения

Общая структурная схема системы представлена на рис. 1.

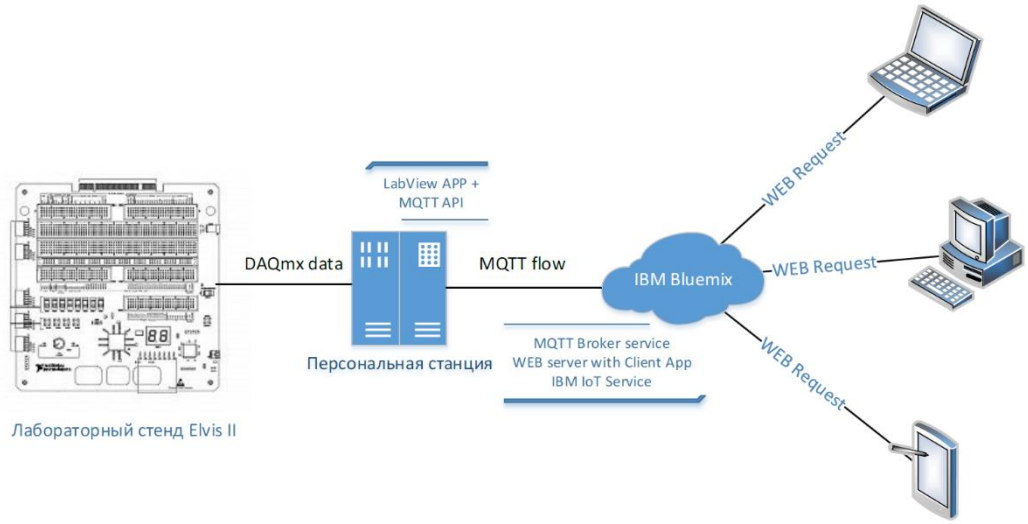



Рис. 5. Общая структурная схема системы

Персональная станция, играющая роль посредника между серверной стороной системы (облачный сервис IBM Bluemix) и лабораторным стендом NI Elvis II, получает и расшифровывает данные NI Elvis II при помощи драйвера получения данных DAQmx. Затем разработанное на LabView программное обеспечение структурирует полученную информацию и отправляет по каналу связи в облачный сервис IBM Bluemix, который играет роль MQTT брокера и веб-сервера клиентского приложения. MQTT является сетевым протоколом, реализующим логику обмена сообщениями типа “издатель-подписчик”, позволяющий сократить объём трафика и увеличить скорость обмена информацией при работе с множеством источников данных NI Elvis II и многопользовательской системой дистанционного взаимодействия на бзае IBM Bluemix.

Облачный сервис IBM Bluemix обрабатывает полученные данные и сохраняет в соответствующий раздел для дальнейшего использования клиентами (пользовательскими устройствами). На следующем шаге клиенты, запрашивая данные у веб-сервера, инициирует процесс передачи данных между веб-приложением и соответствующим разделом в облачном хранилище. В итоге, конечный пользователь получает актуальные данные со стенда NI Elvis II в своём веб-браузере, которые в дальнейшем используются для выполнения лабораторной работы.

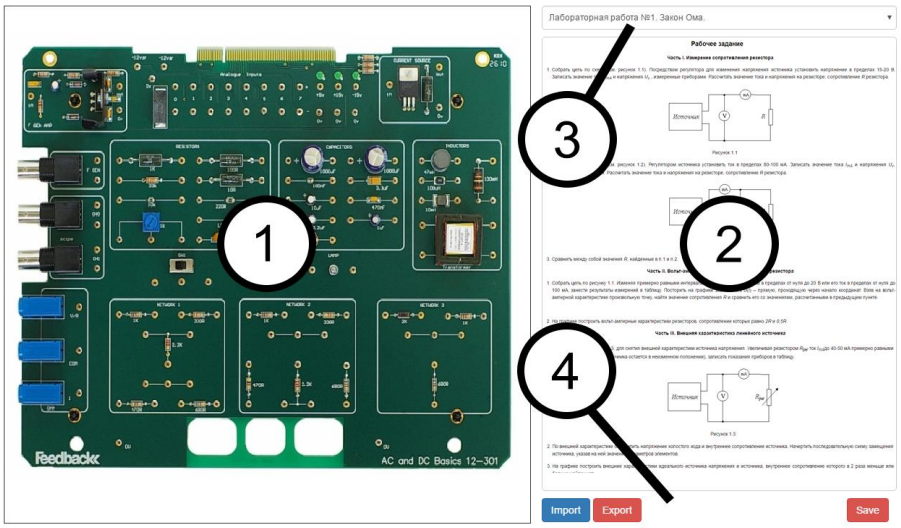



Рис. 6. Клиентское приложение

Разработанное клиентское веб-приложение предоставляет базовый пользовательский интерфейс, состоящий из трёх основных областей (рис. 2). В области лабораторного стенда располагается виртуальная интерактивная копия физического стенда (1), в частности, NI Elvis II ТОЭ. Пользователь имеет возможность “собрать” стенд, в соответствии с заданием лабораторной работы, которое отображается в качестве документации в соответствующей области (2). Выбор лабораторной работы осуществляется при помощи панели (3).

После того, как интерактивный виртуальный стенд собран – проверяется правильность соединения. В случае, когда стенд собран верно, пользователь получает возможность извлечь данные о силе тока, напряжении на соответствующих линиях связи. Помимо документации к выполнению лабораторной работы, область (2) содержит информацию по работе с клиентским приложением.

Следующие дополнительные функции доступны на панели (4): сохранение файла документации и других материалов из окна (2); импорт и экспорт файла, содержащего структурированные данные о сборке стенда (1); проверка состояния соединения с сервисами и частями системы.

## 4. Внедрение и его перспективы

Разработанная система дистанционного проведения лабораторных практикумов будет интегрирована в образовательный процесс на образовательных программах “Информатика и вычислительная техника” и “Инфокоммуникационные технологии и системы связи” в МИЭМ НИУ ВШЭ, а также будет внедрена научно-исследовательские проекты лаборатории телекоммуникационных систем и систем связи.

Дальнейшим путем развития системы является разработка среды трехмерной визуализации лабораторного оборудования для CAVE-систем, мобильных систем виртуальной и дополненной реальностей. Подобная среда позволит повысить уровень запоминаемости учебных материалов и эффективность практических занятий посредством организации естественного человеко-машинного взаимодействия в среде виртуальной реальности при выполнении лабораторных работ.

## 5. Список литературы


[1]. NI Elvis II Overview [Электронный ресурс] / National Instruments. – Режим доступа: http://www.ni.com/white-paper/8599/en – раздел на сайте National Instruments (дата обращения 05.11.16)

[2]. Zebra Technologies - Research How the Internet of Things Transforming Education [Электронный ресурс] / Zebra Technologies web site. – Режим доступа: http://www.zatar.com/sites/default/files/content/resources/Zebra_Education-Profile.pdf (дата обращения 05.11.16)

[3]. NI and the Industrial Internet of Things [Электронный ресурс] / National Instruments. – Режим доступа: http://www.ni.com/internet-of-things/ (дата обращения 05.11.16)

[4]. Kobylinski K. et al. Enterprise application development in the cloud with IBM Bluemix //Proceedings of 24th Annual International Conference on Computer Science and Software Engineering. – IBM Corp., 2014. – С. 276-279.


## REMOTE DATA COLLECTION AND WORKSHOPS FOR LABORATORY CONCEPT INDUSTRIAL INTERNET OF THINGS


A.R. Fakhrazeev, G.P. Scherbakov, A.Yu. Rolich, S.G. Efremov, L.S. Voskov

National Research University Higher School of Economics, Moscow



The article discusses the process of creating a remote control and data acquisition systems for laboratory workshops based on the equipment «Elvis II» National Instruments company within the concept of the Industrial Internet of Things. In this paper, we have considered structure of the system and the basic principles of the interaction of its parts, process of interaction with the system by the user and directions of further development of the system.



Keywords: NI Elvis II, laboratory practice, remote access, Internet of Things, Industrial Internet of Things, MQTT, cloud computing, IBM Bluemix.

# СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ МОЩНОСТИ

Е.Н. Соснина, А.А. Асабин, И.В. Белянин, Е.В. Крюков

*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород*

*Статья посвящена разработке системы управления физической модели устройства регулирования потоков мощности (УРПМ). Система управления позволяет формировать импульсы управления тиристорами УРПМ. Приведены структурная схема, блок-диаграмма и лицевая панель модуля регулирования системы управления УРПМ.*

*Ключевые слова: устройство регулирования потоков мощности, физическая модель, система управления, LabVIEW, FPGA*

**Постановка задачи**

В настоящее время актуальной является задача автоматического регулирования потоков мощности в распределительных сетях среднего напряжения 6-20 кВ. Один из вариантов решения данной проблемы предложен Нижегородским государственным техническим университетом. Учеными НГТУ разработано тиристорное устройство регулирования потоков мощности (УРПМ) [1, 2]. Принцип действия УРПМ основан на совместном использовании продольного (изменение величины) и поперечного (изменение фазы) регулирования напряжения. Это позволяет изменять величину потока активной и реактивной мощностей, а также стабилизировать напряжение сети. Изменение режимов работы УРПМ осуществляется включением соответствующих групп тиристоров путем подачи на них импульсов управления.

Для исследования характеристик и функциональных возможностей разработанного устройства, а также апробации научно-технических решений по регулированию потоками мощности в сети среднего напряжения была изготовлена физическая модель УРПМ. Физическая модель УРПМ состоит из силовой части и системы управления.

**2. Используемое оборудование и программное обеспечение**

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 2014 с модулями FPGA и Real Time. Для испытаний и отладки программы использовано устройство NI myRIO - 1900.

**3. Описание решения**

Система управления УРПМ работает по разработанному авторами алгоритму двухзонного поочередного управления и реализует импульсно-фазовое регулирование напряжения [3, 4]. Использовано дискретное изменение углов управления тиристорами с переменным шагом для повышения быстродействия и линеаризации регулировочных характеристик модулей продольного и поперечного регулирования.

Исполняемые файлы программы обеспечивают функционирование контроллера, который, в свою очередь, генерирует и передаёт импульсы управления на тиристоры УРПМ в режимах:

- пуск;
- продольное регулирование;
- поперечное регулирование;
- продольно-поперечное регулирование.

Мониторинг вырабатываемых импульсов осуществляется с помощью встроенных осциллографов. В программе предусмотрен непрерывный контроль промежуточных значений функциональных блоков в режиме реального времени, а также имеется возможность пошагового исполнения при отладочных операциях.

Структурная схема работы системы управления УРПМ приведена на рис. 1.

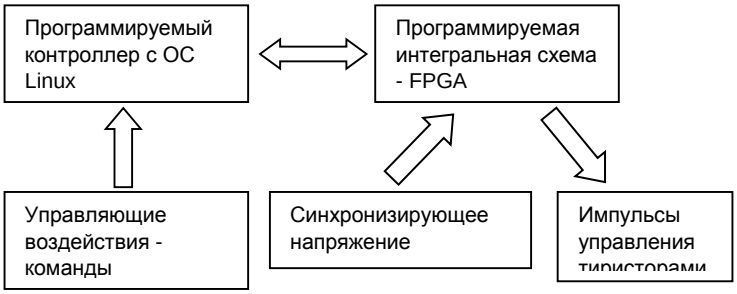



Рис. 1. Структурная схема работы системы управления УРПМ.

Внешние команды как управляющие воздействия поступают на программируемый контроллер, который передаёт их в программируемую интегральную схему FPGA. На уровне FPGA формируются синхронизирующие импульсы от полученных значений напряжения высоковольтной обмотки трансформаторов. Эти импульсы генерируются в момент изменения полярности напряжения при его переходе через ноль. Благодаря командам, полученным от программируемого контроллера, в интегральной схеме формируются импульсы для управления силовыми тиристорами УРПМ.

Программа состоит из следующих основных модулей: модуль логики регулирования, модуль программных счетчиков, модуль мультиплексоров, модуль компараторов и модуль дешифраторов. Также в программу включен модуль настраиваемых генераторов прямоугольных импульсов.

Программа работает следующим образом. Модуль логики регулирования вырабатывает команды управления счетчиками и формирует сигналы управления ими. Счетчики фиксируют количество этих команд и формируют выходной результат для дальнейшей обработки, который влияет на формирование импульсов управления групп тиристоров. Формирование импульсов счета стробировано с сигналом, поступающим с датчиков напряжения. Результат счёта поступает на блоки дешифраторов, которые формируют конечное число переменных, сравниваемых с результатами счета счетчика с помощью модуля компараторов. В результате получаются переменные, которые являются определяющими для дешифраторов. Дешифраторы вырабатывают импульсы управления группами тиристоров УРПМ, стробированные сигналами с датчиков напряжения.

Модуль регулирования содержит блоки ввода/вывода цифровой и аналоговой информации, блоки синхронизации и расчетов параметров регулирования, преобразования величин и фазовых углов выходных напряжений. На рис. 2 показана блок-диаграмма модуля регулирования.

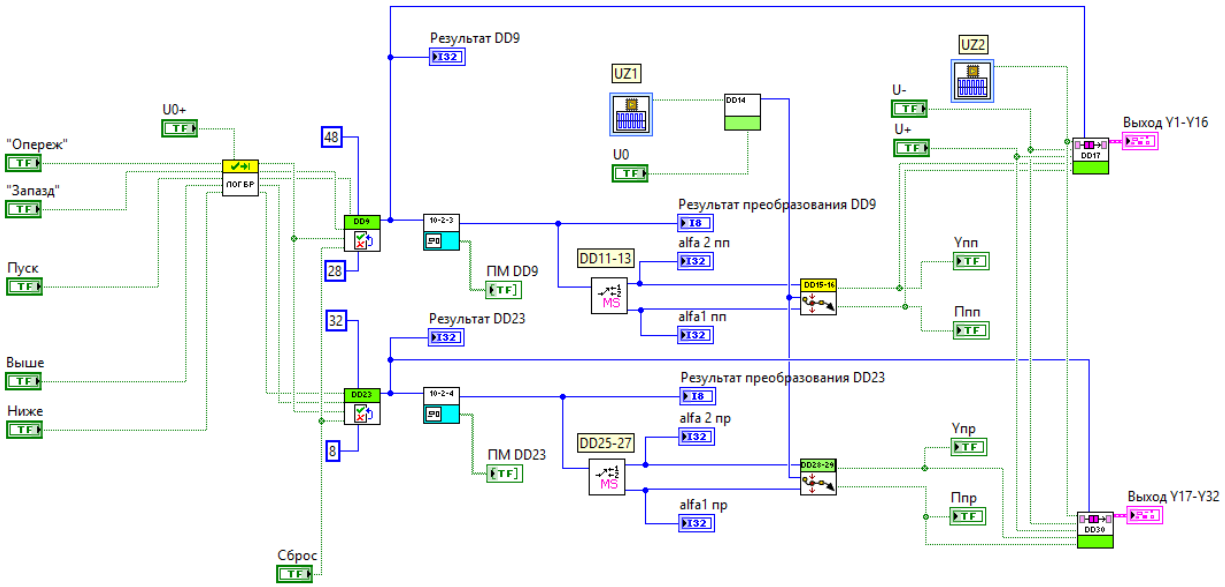



Рис. 2. Блок-диаграмма модуля регулирования системы управления УРПМ.

Лицевая панель блока регулирования во время реальной работы показана на рис. 3.



Рис. 3. Лицевая панель блока регулирования системы управления УРПМ.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная система управления успешно внедрена на физической модели устройства регулирования потоков мощности.

Работа выполнена при финансовой поддержке Минобрнауки России по соглашению о предоставлении субсидии № 14.577.21.0098 от 26.08.2014, уникальный идентификатор проекта RFMEFI57714X0098.

**5. Список литературы**

[1]. Пат. 157116 Рос. Федерация : МПК H 03 C 3/00. Полупроводниковое фазоповоротное устройство / Асабин А.А. (RU), Верховский С.Я. (RU), Соснина Е.Н. (RU), Гардин А.И. (RU), Бедретдинов Р.Ш. (RU), Кисель Д.А. (RU); заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева" (НГТУ) (RU). – №: 2014152962/08; заявл. 26.12.2014; опубл. 20.11.2015. Бюл. №3.

[2]. Соснина, Е.Н. Исследование режимов функционирования и разработка алгоритмов управления узлов нагрузки в гексагональной распределительной электрической сети // Соснина Е.Н., Лоскутов А.Б., Чивенков А.И. и др. – Научно-технический отчет № госрегистрации: 01201374177 // Н.Новгород: НГТУ, 2015. 192 с.

[3]. Пат. 2398342 Рос. Федерация : МПК H 02 M 5/12. Способ управления тиристорным регулятором напряжения трансформатора / Асабин А.А. (RU); заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева (НГТУ) (RU). – №: 2009123939/09; заявл. 23.06.2009; опубл. 27.08.2010. Бюл. №24.

[4]. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2016660042 РФ. Программа динамического моделирования режимов электрической сети с имитацией устройств релейной защиты и автоматики / Соснина Е.Н. (RU), Асабин А.А. (RU), Белянин И.В. (RU), Кралин А.А. (RU), Крюков Е.В. (RU); заявитель и патентообладатель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева» (НГТУ) (RU). – заявл. 20.07.2016, опубл. 20.10.2016.

**CONTROL SYSTEM OF POWER FLOW CONTROL DEVICE PROTOTYPE**

E.N. Sosnina, A.A. Asabin, I.V. Belyanin, E.V. Kryukov

*Nizhny Novgorod State Technical University n.a. R.E. Alekseev, Nizhny Novgorod, Russia*

*The article deals with control system of power flow control device (PFCD) prototype development. Control system allows to generate PFCD thyristors control pulses. PFCD control system structural scheme, regulation module block-diagram and front panel are presented.*

*Keywords: power flow control device, prototype, control system, LabVIEW, FPGA*

# СМЕННЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА NATIONAL INSTRUMENTS

В.В. Алтухова, М.А. Логинов

*НИУ ВШЭ, г. Москва*

*Данная работа посвящена решению проблемы, заключающейся в недостаточной информативности используемого в настоящее время аппаратного обеспечения лабораторного практикума. Для проведения практических занятий по курсам «Электроника», «Аналоговая схемотехника», «Теория электрических цепей» и др. используется несколько устаревшее оборудование, в то время как использование аппаратно-программного комплекса NI ELVIS II+ с имеющимися сменными модулями не дает полного представления об исследуемых процессах. В докладе рассмотрен фрагмент сменного модуля для аппаратно-программного комплекса, разработанного на основе учебных курсов МИЭМ, посвященных электронике и схемотехнике.*

*Ключевые слова: NI ELVIS II+, лабораторный практикум, сменный модуль, направление 211000.62 «Конструирование и технология электронных средств», направление 210200.62 «Электротехника и электроника»*

## ВВЕДЕНИЕ.

Актуальность данной работы заключается в расширении функциональных возможностей аппаратно-программного комплекса NI ELVIS фирмы National Instruments. Необходимость осуществления подобной оптимизации и усовершенствования лабораторных установок в инженерных ВУЗах продиктована возрастающим требованиям к качеству подготовки будущих специалистов.

## ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ.

Целью работы является создание сменного модуля (печатной платы) для аппаратно-программного комплекса National Instruments, охватывающего области электроники и схемотехники. К основным задачам относятся: анализ практических занятий вышеперечисленных курсов; расширение функциональных возможностей лабораторных модулей; схемотехническое моделирование; согласование модулей с базовым блоком NI ELVIS; компоновка печатной платы сменного модуля.

В результате проведенного анализа были выбраны схемы, являющиеся достаточным и необходимым минимальным составом сменного модуля:

Простейшие RC цепи (фильтры);

Колебательные контуры (последовательные и параллельные);

Амплитудный модулятор;

Амплитудный детектор;

Каскад на биполярном транзисторе с общим эмиттером;

Каскад на биполярном транзисторе с общим коллектором;

Каскад на биполярном транзисторе с общей базой.

С целью существенного расширения функциональных возможностей стенда принято решение использования парка виртуальных приборов, имеющихся в стандартном обеспечении NI ELVIS.

## РАЗРАБОТКА СМЕННОГО МОДУЛЯ.

Схемотехническое моделирование было проведено в системе MicroCAP. На рис. 1(а) представлен фрагмент схемы сменного модуля (фильтр нижних частот), а также на рис. 1(б) показаны результаты моделирования (частотная характеристика).

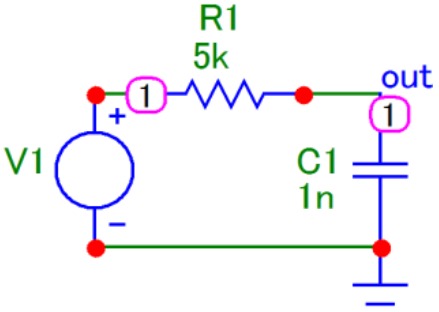



Рис. 1(а). Фильтр нижних частот в программе MicroCAP

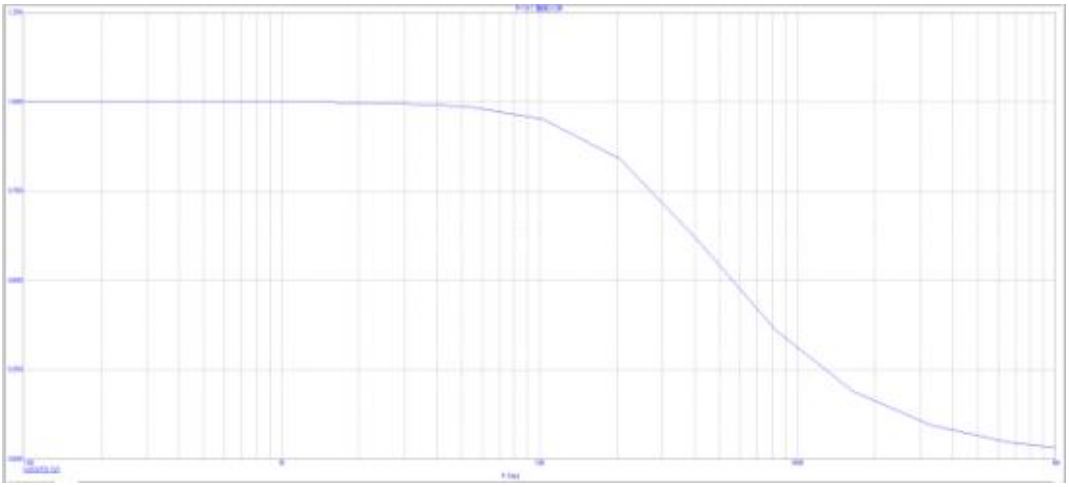


Рис. 1(б). Частотно-амплитудная зависимость ФНЧ

Проектирование печатной платы модуля выполнялось с помощью программы Sprint Layout. Для упрощения задачи проектирование печатной платы модуля выполнялось по частям. На рис.2 представлен фрагмент платы (фильтр нижних частот). Для апробации были изготовлены отдельные платы функциональных узлов сменного модуля. Тестирование лабораторных схем выполнялось путем подключения к источникам сигнала, питания и анализаторам базового блока NI ELVIS.

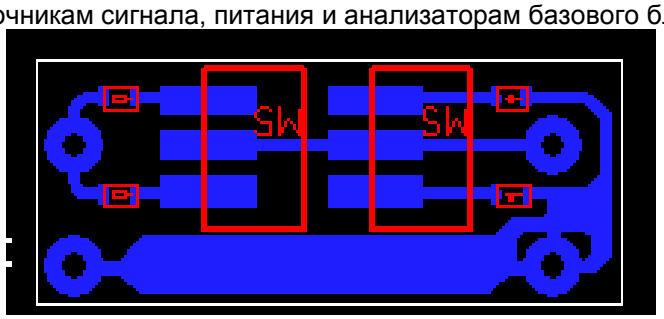



Рис. 2. Фильтр нижних частот в программе Sprint Layout

Опытный образец печатной платы был изготовлен в Департаменте электронной инженерии фотохимическим методом.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

В результате работы был разработан и апробирован состав сменного модуля позволяющей охватить курсы «Электроника», «Аналоговая схемотехника», «Теория электрических цепей» и др., к тому же совместное использование модуля с базовым блоком ELVIS существенно расширяет возможности генерации и анализа сигналов.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.**

[1]. Джонс М.Х. Электроника – практический курс – Техносфера, 2006 г., 528 с.

[2]. Печатные платы – это просто! – Радио, 2001, № 3, с. 46.

# СТЕНД НА ОСНОВЕ ОБОРУДОВАНИЯ NATIONAL INSTRUMENTS ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ

В.А. Марфин, П.В. Некрасов

*АО "ЭНПО СПЭЛС" / ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, г. Москва*

*В статье рассматривается подход к построению стенда для изучения основ работы с процессорами цифровой обработки сигналов (ЦОС) и цифровой обработки сигналов с применением оборудования фирмы National Instruments. Приведена структура стенда и организация лабораторных работ с указанием достоинств и недостатков данного решения.*

*Ключевые слова: PXI-7841R, микропроцессор ЦОС, цифровая обработка сигналов*

## 1. Постановка задачи

В образовательном процессе и, в частности, при изучении основ цифровой обработки сигналов и функционирования процессоров ЦОС большая роль отводится практическим занятиям. В этой связи была поставлена задача разработки стенда и курса лабораторных работ для изучения функционирования процессоров ЦОС и основ цифровой обработки сигналов на базе авторизованного ф. National Instruments научно-образовательного центра коллективного пользования «Интеллектуальные измерительные системы» (АО "ЭНПО СПЭЛС" / ИЭПЭ НИЯУ МИФИ) (рис. 1).




Рис. 1. Научно-образовательный центр коллективного пользования «Интеллектуальные измерительные системы»

После анализа поставленной задачи была выявлена возможность изучения основ ЦОС с помощью программного модуля LabVIEW DSP Module, который поддерживает работу некоторых серийно выпускаемых отладочных платформ с процессорами ЦОС. Недостатком такого решения является: 1) отсутствие поддержки производителя и развития программного модуля; 2) крайне ограниченный набор поддерживаемых платформ и процессоров ЦОС [1]. В связи с этим было принято решение разработать собственную платформу для изучения основ ЦОС с использованием модульного оборудования PXI ф. National Instruments [2].

Данная работа посвящена реализации стенда и курса лабораторных работ для изучения практических основ цифровой обработки сигналов.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Решение поставленной задачи осуществляется с использованием модульных приборов PXI ф. National Instruments в составе:

- модуль аналого-цифрового ввода/вывода PXI-7841R. Данный модуль обеспечивает физическую реализацию минимально необходимого для полноценной работы процессора ЦОС окружения (системы тактирования, прерываний, инициализации, контроллеры интерфейсов передачи данных и т.д.), а также ввод и вывод аналоговых сигналов;
- модуль источника питания PXI-4110 для задания напряжений питания и контроля токов потребления микросхемы.

Модульные приборы входят в состав шасси PXI-1033 и подключаются к персональному компьютеру.

Программирование алгоритмов работы модульных приборов осуществляется в среде NI LabVIEW 2013, которая позволяет в наглядной графической форме быстро создавать требуемые алгоритмы с визуализацией необходимой информации в виде таблиц, графиков, отчетов.

Совместно с NI LabVIEW 2013 используется интегрированная среда, позволяющая программировать работу и производить отладку написанных алгоритмов для используемого в качестве объекта изучения процессора ЦОС. В качестве таковой, например, может использоваться Code Composer Studio v3.3 при применении процессора ЦОС TMS320C6713 (ф. Texas Instruments) или VisualDSP++ 5.0 при использовании процессоров ЦОС ф. Analog Devices.

**3. Описание решения**

На рис. 2 представлена упрощенная схема любой системы ЦОС. Основная идея при разработке образовательного стенда заключается в эмулировании всех необходимых для построения системы и полноценного функционирования исследуемого процессора ЦОС узлов посредством модульного оборудования PXI, а также NI LabVIEW 2013. При этом использование LabVIEW и, в частности, обширной библиотеки Signal Processing дает возможность программно симулировать необходимые алгоритмы ЦОС, которые должны выполняться процессором ЦОС для получения эталонных результирующих данных.




1. Входной аналоговый сигнал
2. Цифровой сигнал
3. Обработанный цифровой сигнал
4. Выходной аналоговый сигнал

Рис. 2. Простейшая схема системы ЦОС

В качестве основы аппаратной части стенда было использовано решение [3], заключающееся в эмуляции с помощью ПЛИС, входящей в состав модуля PXI-7841R, блоков и интерфейсов, необходимых для полноценного функционирования исследуемого процессора ЦОС. Следует отметить, что такое решение позволяет относительно легко и быстро производить замену исследуемых процессоров ЦОС.

В рамках курса практических занятий был создан ряд лабораторных работ, посвященных основам функционирования процессоров ЦОС, а также цифровой обработки сигналов. При этом были выбраны следующие основные темы:

- Основы работы с ассемблером
- Работа с памятью, способы адресации
- Оптимизация кода
- Работа с периферийными блоками (Ассемблер)
- Основы написания программ для процессоров ЦОС с использованием языка программирования Си
- Работа с периферийными блоками (Си)
- Цифровая обработка сигналов

На рис.3 представлено описание одной из лабораторных работ по цифровой обработке сигналов. Главной отличительной особенностью данного курса является полный цикл разработки системы ЦОС, что подразумевает написание программы для процессора ЦОС, которая затем проверяется на реальном процессоре. На рис. 4 представлен пример отладки написанной в специализированной среде разработки программы для исследуемого процессора TMS320C6713.

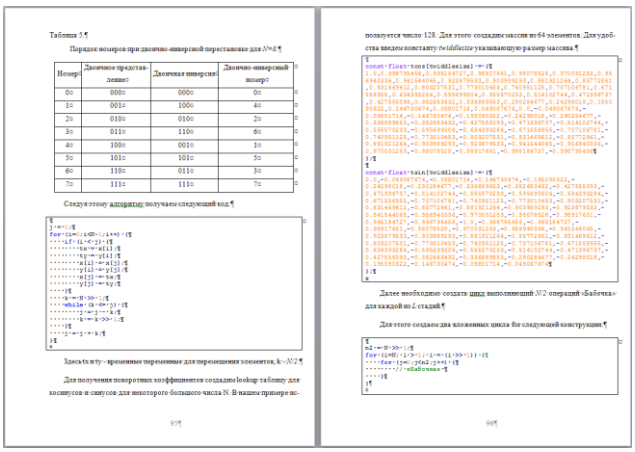


Рис. 3. Пример лабораторной работы

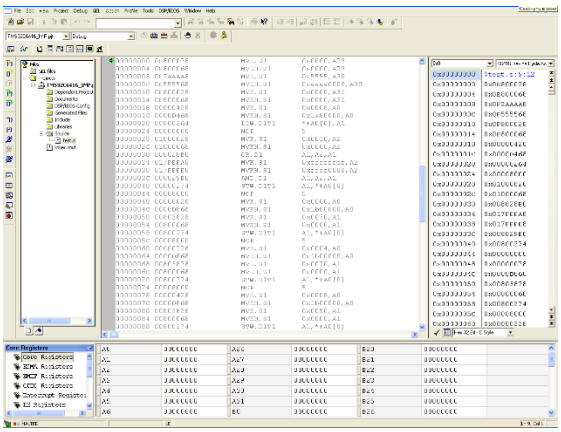


Рис. 4. Пример отладки написанной программы в среде разработки Code Composer Studio v3.3

## 4. Заключение

В настоящее время описанный стенд изучения основ цифровой обработки сигналов проходит стадию отладки. Вместе с тем создан курс лабораторных работ, посвященный практическим основам работы с процессорами ЦОС, а также основам цифровой обработки сигналов. Главными достоинствами разработанного стенда являются возможность проверки наглядных теоретических расчетов преобразования сигналов на практике с использованием реальной аппаратно-программной системы. Работа выполнена в рамках гранта РФФИ 14-29-09210.

## 5. Список литературы

[1]. http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/ru/nid/201839 – раздел на сайте National Instruments
[2]. http://www.ni.com/pxi/ – раздел на сайте National Instruments
[3]. Марфин В.А., Некрасов П.В. Использование модульного оборудования PXI National Instruments для тестирования работоспособности микропроцессоров цифровой обработки сигналов // Инженерные и научные приложения на базе технологий NI NIDays – 2015: Сборник трудов XIV международной научно-практической конференции – М.: ДМК-пресс, 2015, с. 39-41

### STAND BASED ON NATIONAL INSTRUMENTS EQUIPMENT TO STUDY THE BASES OF DIGITAL SIGNAL PROCESSING

V.A. Marfin, P.V. Nekrasov

*JSC “Specialized Electronic Systems” (ENPO SPELS) / Institute of Extreme Aplied Electronics of National Research Nuclear University MEPHI, Moscow, Russia*

*The article deals with an approach to the construction of the stand for learning the basics of working with digital signal processors (DSP) and digital signal processing using National Instruments company hardware. There is the stand structure and organization of laboratory tasks, including the advantages and disadvantages of this solution are shown.*

*Keywords: PXI-7841R, DSP microprocessor, digital signal processing*

# ТЕЛЕМЕТРИЯ БОЛИДА ФОРМУЛА СТУДЕНТ НА БАЗЕ MYRIO-1900

А.О. Грязнов,* Е.В. Бушмелев, М.В. Поротников, С.Н. Чепкасов, Г.А. Маркин, А.М. Козубский

*УрФУ, Студенческий клуб «Формула студент УрФУ», г. Екатеринбург*

*В статье рассматривается разработанная система телеметрии автомобиля класса «Формула студент». При разработке использовалась плата сбора данных myRIO-1900 компании National Instruments. Приведено описание работы телеметрии и ее структурная схема.*

*Ключевые слова: myRIO-1900, сбор данных, телеметрия, формула студент.*

## 1. Постановка задачи

В автоспорте залогом успешных выступлений является тонкая настройка автомобиля под конкретные условия проходящих соревнований. Для получения полной картины о состоянии гоночного болида используются системы телеметрии, которые получают, обрабатывают и сохраняют данные полученные с датчиков. Для решения данной задачи на рынке имеются готовые решения, которые являются, недоступны для студенческих команд, в силу своей высокой стоимости. Компания National Instruments производит портативные системы сбора данных, программируемые в среде графического программирования LabView, которые позволяют выполнить данную задачу. Одним из самых доступных решений для реализации студенческих проектов является плата myRIO-1900. Данное устройство позволяет получать и обрабатывать различные сигналы с минимальной временной задержкой, а также имеется возможность быстрого реконфигурирования под различные задачи.

Таким образом, была поставлена задача разработать систему телеметрии автомобиля класса «Формула студент» на основе myRIO-1900.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 14. Для реализации системы была использована плата сбора данных myRIO-1900.

## 3. Описание решения

На основе имеющейся компонентной базы и логики управления была выбрана следующая структурная схема телеметрии, представлена на рис. 1.

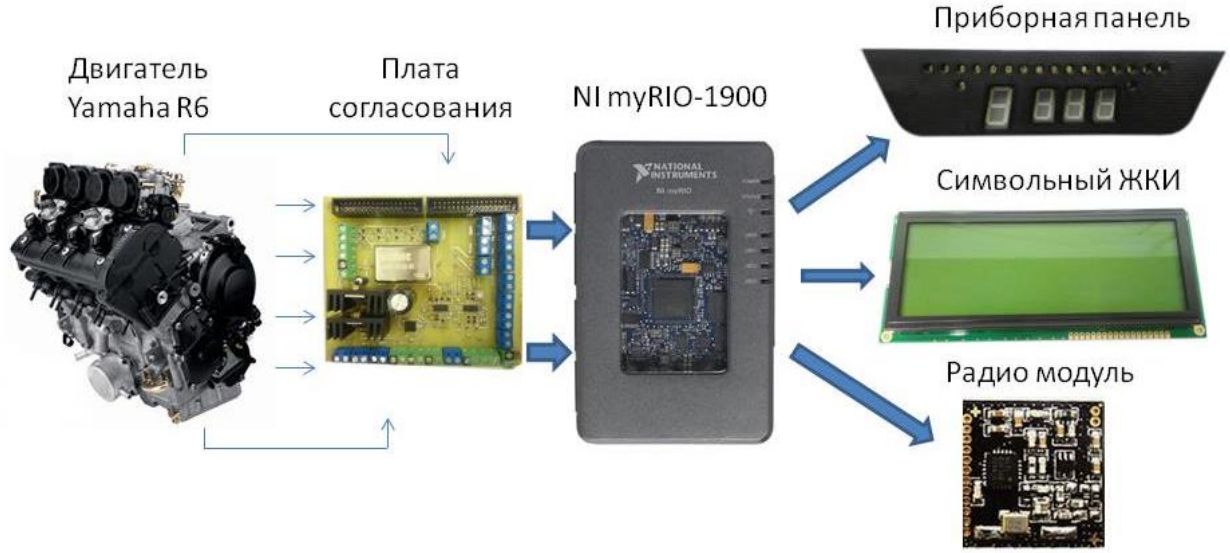



Рис. 1. Структурная схема телеметрии болида класса «Формула студент».

Датчики, установленные на двигателе, подключаются к разработанной плате согласования, которая имеет три защищенных цифровых входа, цифровой вход с регулируемым коэффициентом усиления, три аналоговых входа, схему для измерения напряжения питающей сети и четыре входа общего назначения. Для защиты от перенапряжений используются два встречно параллельно включенных диода Шоттки BAT46JFILM. Один диод катодом подключается к источнику питания +5 вольт. Анод второго диода заземляется. Свободные выводы диодов подключаются к сигнальной

линии. На входе схемы установлен резистор номиналом 10 кОм ограничивающий ток, протекающий через диоды и увеличивающий входное сопротивление. Для дополнительной защиты цифровых и аналоговых входов, а так же для уменьшения выходного сопротивления схемы используются повторители на основе операционного усилителя LM324D. В случаи цифрового входа с регулируемым коэффициентом усиления, операционный усилитель включен по схеме усилителя с отрицательной обратной связью. Регулировка коэффициента усиления осуществляется с помощью подстроечного резистора. Для измерения напряжения в сети автомобиля используется входной делитель с коэффициентом деления 10. Помимо этого, на плате присутствуют схемы DC/DC преобразователей напряжения 12-5, 5-3.3 вольта на базе микросхем L7805 и LM1117 3.3V. Посредством шины происходит соединение выходов платы с MXP-разъемами myRIO.

С помощью разработанного виртуального прибора происходит получение и первичная обработка информации о состоянии автомобиля. Опрос дискретных и аналоговых входов осуществляется с помощью ПЛИС с частотой 200 кГц. Преобразованные цифровые данные о номере передачи, скорости и оборотах передаются с помощью интерфейса SPI на разработанную приборную панель. Данные о других параметрах автомобиля, которые необходимы пилоту во время заезда, такие как температура двигателя, заряд батареи и т.д. выводятся на ЖКИ компании Winstar WH2004L-YYH-CT, расположенный в кокпите. С помощью передатчика на основе микросхемы si4432, по радиоканалу происходит отправка данных в боксы. Более детальная и полная информация, например, об углах опережения зажигания, времени открытия форсунки и т.д. сохраняются на флеш-накопитель и доступна для детального анализа после заезда [1].

**4. Внедрение и его перспективы**

Для апробации технических решений был выбран автомобиль класса формула студент команды «ФС УрФУ». Были выявлены следующие недостатки, это малое количество каналов для обработки аналоговой информации и большие габаритные размеры дополнительных плат. Плюсы разработанной системы, это низкая стоимость используемых компонентов, по сравнению с аналогичными системами, высокая скорость обработки информации, а также возможность быстрого реконфигурирования для конкретной задачи. В перспективе планируется увеличение количества обрабатываемых сигналов, а также реализация системы автоматического переключения передач.

*Студенческий клуб «Формула студент УрФУ» выражает благодарность за поддержку в реализации проекта руководство компании National Instruments.*

**5. Список литературы**

[1]. Doering E. NI myRIO-project essentials guide //National Instruments, 2014 – 243 с..

**TELEMETRY OF A RACING CAR FORMULA STUDENT IS BASED ON MYRIO**

A.O. Gryaznov*, E.V. Bushmelev, M.V. Porotnikov, S.N. Chepkasov, G.A. Markin, A.M. Kozubsky

*UrFU, Formula student «FS UrFU», Ekaterinburg*

*The article describes telemetry system of "Formula Student" car. The "myRIO-1900" data capture board was used in designing. Shows a specification of the system and block diagram.*

*Keywords: myRIO-1900, data capture, telemetry, Formula Student.*

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ

В.В. Максаров, А.Е. Ефимов

*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург*

В представленной статье рассмотрен вопрос моделирования динамической устойчивости технологической системы, с учётом воздействия предварительного локального термического воздействия на процесс механической обработки, который позволяет обеспечить требуемые показатели шероховатости и точности поверхности детали шток гидроцилиндра. Создание локальной метастабильной структуры осуществляется за счёт нагрева локальной поверхности стальной заготовки электроконтактными щётками выше точек фазового перехода. При пересечении плоскости механической обработки с зоной локального термического воздействия происходит изменения в квазиупругих и диссипативных свойствах процесса стружкообразования, что ведёт к подавлению возникающего колебательного процесса в технологической системе. Это позволят достичь заданные в технологическом процессе качество шероховатости и точность формы прецизионных поверхностей детали шток гидроцилиндра.

*Ключевые слова:* технологическая система, механическая обработка, моделирование автоколебательного процесса, шероховатость поверхности, точность изготовления, локальное термическое воздействие.

## 1. Постановка задачи

В современном машиностроении наименее надёжными оборудованием являются гидроцилиндры. Установлено, что порядка 70% отказов происходят по причине выхода из строя уплотнительной системы, из-за повреждений прецизионных поверхностей контактных пар штока и гильзы вследствие абразивного и адгезионного износа. Возникновение неисправностей зависит и от условий машиностроительного производства, не позволяющего в полной мере обеспечить в технологическом процессе изготовления штоков с требуемыми параметрами качества поверхности.

Для повышения долговечности и надежности работы гидроцилиндров, в условиях высоких динамических нагрузок, требуется высокая точность изготовления: качество шероховатости поверхности для детали шток должна быть не менее $Ra$ = 0,63 мкм, а точность изготовления по квалитету *f9*. Соблюдение предъявляемых требований к геометрической точности, а также шероховатости прецизионных поверхностей в технологическом процессе изготовления штоков обеспечивается за счёт нанесения предварительного термического воздействия на поверхность изделия с последующей механической обработкой [1, 2, 3].

Оценка области технологической стабильности с учетом предварительного локального термического воздействия осуществлялась методом компьютерного моделирования технологической системы в программной среде *Labview 2013.* В результате моделирования определены режимные параметры механической обработки, позволяющие соблюсти в технологическом процессе заданные показатели точности и шероховатости поверхности [1, 2].

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Исследования проводились с использованием программной среды NI LabVIEW 2013 SP1, Control Design and Simulation Module 2013, Math Script RT Module 2013.

## 3. Описание технического решения

Для определения устойчивости технологической системы, выбрана математическая модель, позволяющая моделировать возникновение колебательного процесса при механической обработке с учётом предварительного локального термического воздействия, по следующей системе уравнений (1) и созданной на её основании блока диаграммы (рис. 1) [4]:

$$\begin{cases} T_{x2}^2\ddot{x} + T_{x1}\dot{x} + x = Q \\ T_{PQ}\dot{Q} + Q = -k_x x \end{cases}$$

, (1)

где, $T_{x2}, T_{x1}$ - постоянные времени демпфирования, $Q$ - сила трения, $T_{PQ}$ - постоянная времени запаздывания, $k_x$ - коэффициент передачи замкнутого контура и замкнутой системы.

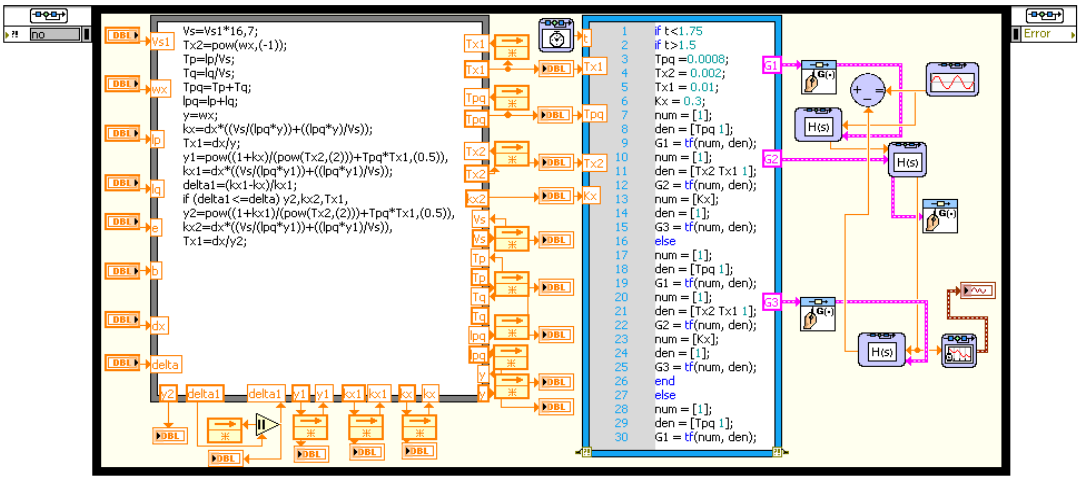



Рис. 1. Блок диаграмма ВП по измерению вибраций в процессе механической обработки с применением предварительного локального термического воздействия

На лицевой панели виртуального прибора (рис. 2) представлен график вибрационного перемещений инструмента по оси $X$ при механической обработке *Стали 45* с предварительно нанесённым на поверхность термическим воздействием. Параметры динамической системы рассчитаны по методике М.Е. Эльясберга [4]: $w_x$ - парциальная угловая частота – 250 с$^{-1}$ ; $d_x$ - коэффициент демпфирования - 0.06; $l_P, l_Q$ - путь резца за время запаздывания - 0,3 мм; $e$ - коэффициент нелинейности силы резания – 0,75.

По результатам проведённого моделирования можно судить о снижение интенсивности колебаний за счёт изменению напряженно-деформационного состояния в области стружкообразования, что позволяет обеспечить заданную точность и шероховатость поверхности в процессе изготовления детали шток гидроцилиндра.

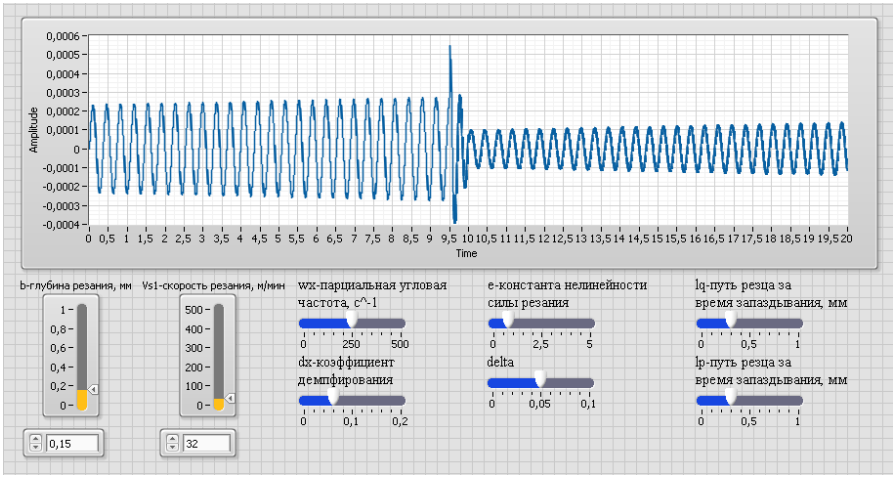



Рис. 2. Вибрационное перемещение инструмента по направлению оси $X$ при механической обработке с режимами: $t$ = 0,15 мм, $V$ = 32 м/мин

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная математическая модель и программное обеспечение может использоваться для проведения научно-исследовательской работы по технологическому обеспечению точности и шероховатости поверхности изготавливаемых изделий, а также предполагает интегрирование в систему управления технологическим процессом.

**5. Список литературы**

[1]. Вейц В.Л., Максаров В.В. Повышение устойчивости технологической системы при управлении реологическими параметрами процесса стружкообразования // Машиностроение и автоматизация производства: Межвуз. сб. Вып. 16. - СПб.: СЗПИ, 1999. - С. 19 - 29.

[2]. Вейц В.Л., Максаров В.В. Об упрощенной динамической модели технологической системы механической обработки резанием. Ч. 1: Общие положения // Машиностроение и автоматизация производства: Межвуз. сб. Вып. 17. - СПб.: СЗПИ, 1999. - С. 3 - 9.

[3]. Жарков И. Г. Вибрации при обработке лезвийным инструментом. - Л.: Машиностроение, 1987. - 179 с.

[4]. Эльясберг М.Е. Автоколебания металлорежущих станков. Теория и практика. - СПб.: Изд. ОКБС, 1993. - 180 с.

**MEASURING CURVES CONTRAST SHADOW IMAGE**
THE TECHNOLOGICAL QUALITY ASSURANCE PROCESSING
PARTS SUCH AS BODIES OF ROTATION ON THE BASIS OF DYNAMIC
SIMULATION TECHNOLOGY SYSTEMS

V. Maksarov, A. Efimov

*Saint-Petersburg mining University, St. Petersburg, Russia**Key words:* technological system, machining, auto-oscillatory process, roughness, precision manufacturing, local thermal effect.

In the present article the question of simulation of dynamic stability of the technological system, taking into account the impact of the provisional local heat, which allows you to provide the required indicators of roughness and accuracy the surface details of the stock cylinder. Creating a local metastable structures at the expense of local surface heating of steel billets electrical contact brushes above the phase transition points. At the intersection of the plane of the machining zone of local thermal effects occur changes in quasi-elastic and dissipative properties of the process of chip formation, which leads to suppression of the arising of the oscillatory process in the technological system. This will allow you to achieve set-forth in the process quality rough-ness and shape accuracy of precision of surfaces of details of the stock cylinder.

# УСКОРИТЕЛЬ УМНОЖЕНИЯ

С.В. Попов

*ГБПОУ Колледж автоматизации и информационных технологий, г. Москва*

*Приводится схема, которая позволяет осуществить сложение k двоичных чисел за h шагов, где h есть число суперпозиций двоичного логарифма, удовлетворяющего условию* $\log_2 \ldots \log_2 k \le 3$.

*Ключевые слова: быстрые вычисления, ускоритель умножения, комбинационные схемы, LabVIEW.*

## 1. Введение

Двоичное умножение сводится к сложению нескольких одинаковых чисел с определенным сдвигом. При этом число суммируемых чисел определяется числом единичных разрядов первого сомножителя, а сдвиги слагаемых определены положением единичных разрядов первого сомножителя. Поэтому умножение считается сложной операцией, т.к. требует большого числа сложений. Однако, можно обойтись без большого числа сложений, если воспользоваться не стандартным подходом, основанным на преобразовании суммируемых чисел, а использовать ускоритель, конструкция которого предложена автором. В настоящее время ускоритель является частью разработанного Матричного процессора для ускорения арифметических операций [1, 2].

## *2. Основная идея.*

1. Пусть требуется сложить $k$ двоичных чисел, каждое длины $n$, которые располагаются, как на рис. 1а (будем полагать, что слабые разряды располагаются слева). В данном случае каждое следующее снизу число сдвинуто на один разряд по отношению к расположенному непосредственно выше. Величина сдвига не существенна для описания основной идеи вычисления суммы.

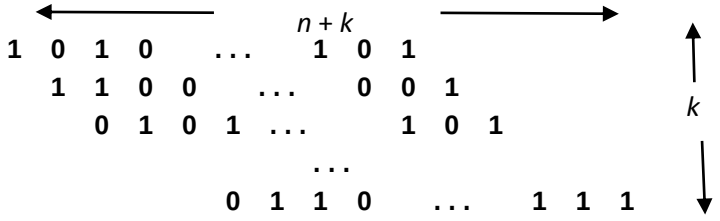



Рис. 1а

Суммирование таких чисел осуществляется прибавлением к первому числу поочередно всех остальных. Такой способ сложения приводит в лучшем случае к $\log_2 k$ суммирований, если независимые суммирования выполнять одновременно. В настоящей статье предлагается способ суммирования, который существенно ускоряет эту операцию. Для этого отметим следующее.

2. Любой столбец суммы на рис. 1а можно рассматривать независимо от остальных в том смысле, что его можно сдвигать по вертикали вверх или вниз, так, чтобы столбец оставался в том же разряде, переставлять единичные и нулевые компоненты в пределах столбца, и добавлять и выбрасывать нулевые компоненты. При таких преобразованиях окончательная сумма не меняется. Поэтому первоначальная сумма $k$ чисел равна сумме чисел, которые представлены на рис. 1б. Здесь $k$-й столбец сдвинут на 1 разряд вниз, $k$+1-й – на два, $k$+2-й – на три и т.д. Освободившиеся разряды в столбцах при сдвиге заполняются нулями.

3. При традиционном вычислении такой суммы для каждого $i$-го разряда вычисляется значение $i$-го разряда суммы, а также всех переносов в следующие разряды. Причем эти переносы определяются числом единиц в $i$-м разряде и переносами, которые были вычислены перед этим. Предположим, что для $i$-го разряда этой суммы число единиц в нем равно $k_i$, $i = 0, 1, \ldots, n + k$. Очевидно, что $k_i \le k$, $i = 0, 1, \ldots, n + k$. Поэтому в двоичным представлении число $k_i$ имеет не более $\log_2 k$ разрядов.

4. Произведем следующие преобразования представленной суммы. Пусть ее $i$-й столбец выглядит, как на рис. 1в, на котором указана самая нижняя единица, т.е. ниже располагаются только одни нули. И число единиц в столбце в двоичном представлении есть $\sigma_0\sigma_1 \ldots \sigma_h$

Заменим этот столбец числом $\sigma_0\sigma_1 \ldots \sigma_h$, поместив самый слабый его разряд в координату $i$-й столбец, $i$-я строка (т.е. н а главной диагонали). Проделав это со всеми столбцами суммы, получим сумму $n$+$k$ двоичных чисел, длина каждого из которых не превосходит $\log_2 k$. Из вида суммы, на рис.

1б, видно, что суммы этих чисел и первоначальных равны. А так как заменяющие числа своими младшими разрядами располагаются на главной диагонали матрицы на рис. 1б, то в каждом столбце результирующей суммы будет не более $\log_2 k$ единиц. Таким образом, сумму $k$ чисел длины $n$ мы свели к сумме $n + k$ чисел длины не более $\log_2 k$. А так как результирующая совокупность чисел располагается своими младшими разрядами на главной диагонали матрицы, то еще одно повторение описанных действий приведет нас к сумме $n + k$ чисел длины $\log_2\log_2 k$. И т.д. Такие преобразования имеет смысл производить до тех пор, пока в каждом столбце будет не более трех единиц. Но такая ситуация соответствует сумме трех чисел, и их надо просто сложить.

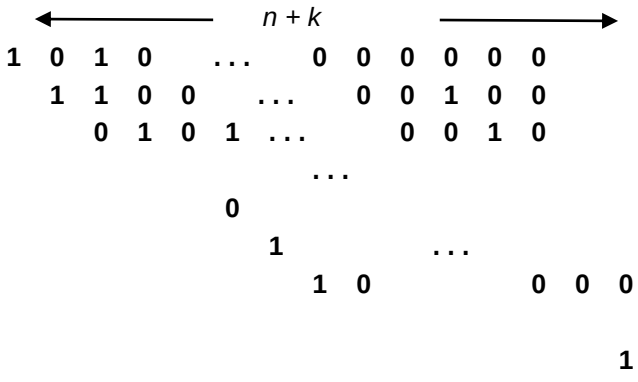



Рис. 1б

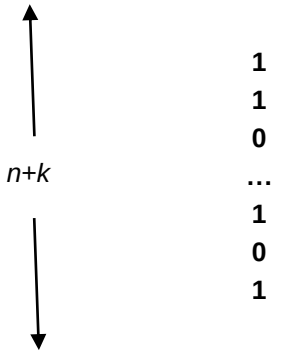






Рис. 1в

5. Итак, в результате будет $h$ преобразований, где $h$ определяется как число суперпозиций $\log_2\log_2$. $\log_2 k$ двоичного логарифма пока результат не станет меньше или равен 3. Тем самым вычисление первоначальной суммы свелось к суммированию трех двоичных чисел длины $n + k$. В результате, обходимся без последовательности суммирований, заменив ее единственным суммированием и преобразованием столбцов в строки меньшей длины. Далее покажем, что, используя т.н. *ускоритель суммирования*, это действительно можно сделать за небольшое число тактов. Задача ускорителя состоит в том, чтобы, не подсчитывая число единиц в каждом столбце памяти, сразу же получить их число в двоичном представлении.

### 3. Конструкция ускорителя

В этом разделе мы опишем конструкцию ускорителя суммирования, который позволяет ускорить вычисление суммы нескольких чисел, не прибегая к их суммированию. Вообще говоря, в данной схеме используется (если используется) только одна операция суммирования. В некоторых случаях можно обойтись и без суммирования. Ниже будет приведена принципиальная схема, которая позволяет выражать число единиц в каждом столбце в виде двоичного числа. Для этого будем рассуждать следующим образом. Непосредственный подсчет числа единиц в столбце представляется трудоемким, то в ускорителе вначале все единицы переставляются в самый низ столбца, а затем уже с помощью простой комбинационной схемы формируется двоичное представление их числа. Тем самым, собственного подсчета, как суммирования единиц, не происходит.

### 4. Определение числа единиц в столбце

На рис. 2 приведена схема, которая позволяет выдавать на выходах $a_0, a_2, \ldots, a_m$ единицы и нули в зависимости от двоичного числа, поступившего на ее вход. При этом, если во входном числе k единиц, то на выходах $a_0, a_2, \ldots, a_{k-1}$ формируются единичные значения, а на остальных выходах – нулевые. При таком расположении единиц формирование двоичного числа, представляющего их число, делается простой комбинационной схемой, которая будет описана ниже.

Теперь более подробно о самой схеме. В ней квадратом, помеченном буквой $x_i$, обозначает контакт, который замыкается, тогда и только тогда, когда переменная $x_i$ принимает значение 1. В данном контексте xi есть значение i-го разряда входного числа. Контакты выстроены таким образом, что в одном столбце (столбцы разделены пунктирными линиями) находится их определенное число. Контакт, управляемый переменной $x_0$, – один, управляемых переменной $x_1$, – два, управляемых переменной $x_2$, - три, и т.д. Каждый замкнутый контакт передает единичный потенциал с нижней шины на непосредственно следующую верхнюю. Однако, если нижняя шина нулевая, то потенциал не передается.

Горизонтальные шины могут иметь либо нулевой, либо единичный потенциал. Диоды служат для того, чтобы отключать часть шины с единичным потенциалом (расположенной справа) от части с нулевым потенциалом (часть слева). Единичный потенциал, возникший слева от диода, свободно

проходит через диод слева направо (диоды *открыты*). Но единичный потенциал, возникший справа от диода, не проходит налево, если слева от него потенциал нулевой (диоды *заперты*). Исходно, левые части шин, кроме самой нижней имеют нулевой потенциал. Самая нижняя шина имеет единичный потенциал всегда. Таким образом, если в какой-то точке шины, (исходно находящейся под нулевым потенциалом) в некоторой ее точке возникает единичный потенциал, то он передается направо, но не может передаваться налево, если встречается запертый диод.

Т.к. значения принимаются переменными $x_0$, …, $x_4$, … одновременно, то единичные потенциалы формируются на шинах $a_0$, $a_1$, …, $a_m$ после протекания переходных процессов.

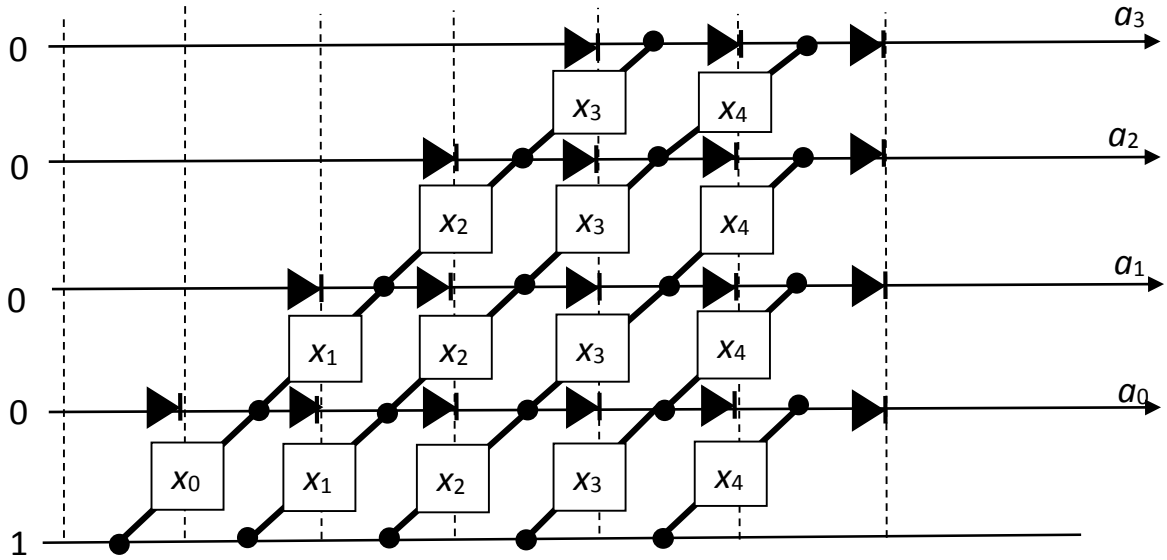



Рис. 2

**5. Комбинационная схема.**

Следующая задача, состоит в представлении числа единиц двоичным числом. Она решается комбинационной схемой, которые на выходах имеет значения нулевого, первого, второго и т.д. разрядов Таким образом, подсчет числа единиц в одном разряде суммы и преобразование этого числа в двоичное определяется быстрыми схемами. Время вычисления определяется временем, за которое завершаются переходные процессы в схеме на рис. 2, и временем работы комбинационных схем.

Все приведенные и упомянутые схемы реализованы и промоделированы в *LabVIEW*.

**6. Список литературы**.

[1]. Voropaev D.Yu., Popov S/V/ The scheme of binary numbers fast multiplication. Modern Informatization Problems In Simulation And Social Technologies, Proceedings of XX-th International Open Science Conference (Yelm. WA, USA, January 2015), Science Book Publishing House, Yelm, WA, USA – 2015, 241-245.

[2]. Попов С.В., Воропаев Д.Ю. Матричный процессор, Быстрые вычисления, LAP Lambert Academic Publishing, Saarbrucken, Deutschland, 2015, 75 С.

## ACCELERATOR MULTIPLICATION

***S.V. Popov***

*GBPO College of automation and information technologies, Mosco*w

### ABSTRACT

Describes the scheme, which allows the addition of $k$ binary digits in $h$ steps, where $h$ is the number of superpositions of the binary logarithm satisfying the condition log2 … log2 $k \le 3$.

*Keywords*: fast calculation, accelerator multiplication, combinational circuit.

# УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭФФЕКТА ДОПЛЕРА

И.Р. Матущак, Д.М. Погребенко, И.В. Рожанская, А.А. Миргородский, С.В. Ходневич

*НТУУ «Киевский политехнический институт им. И. Сикорского»,Украина, г. Киев,*

*В статье рассматривается процесс создания установки для изучения эффекта Доплера с использованием программного обеспечения предоставляемого фирмой National Instruments. Приведена развернутая схема установки с указанием ее основных блоков. Описан процесс испытаний, приведен сигнал получаемый во время работы установки, описано используемое программное обеспечение и показаны фрагменты интерфейса программы.*

*Ключевые слова: эффект Доплера, изменение частоты колебаний, ультразвук, смещение частоты, испытания аппаратуры*

## 1. Постановка задачи

Эффектом Доплера называется изменение частоты колебаний, принимаемых приемником, при движении источника и приемника относительно друг друга. Пусть источник и приемник звука движутся вдоль прямой их соединяющей, тогда скорости движения источника и приемника являются положительными, если источник (приемник) приближается к приемнику (источнику) или негативными, если удаляется [1]. Эффект Доплера широко используется в медицинских ультразвуковых приборах. Так ультразвук, попадая на плывущие в артерии или вене эритроциты, будет посылать из каждого участка сосуда отраженный звук разной частоты. Сигнал, даёт исследователю информацию о таких параметрах: скорости кровотока, анатомии сосуда, деформации сосуда, состоянии стенки сосуда, характере кровотока (ламинарный, турбулентный), наличии тромба или бляшки внутри сосуда, степени проходимости сосуда. С помощью эффекта Доплера можно исследовать состояние кровотока почти во всех поверхностных и глубоких сосудах. Также эффект используется для осмотра и диагностики состояния сердца. С его помощью делается вывод о том, достаточно ли поступает кислорода к еще не-рожденному ребенку [2]. В связи с такой широкой и ответственной областью применения данного эффекта возникает необходимость не только в его теоретическом изучении, но и в – практическом.

Данная работа посвящена разработке установки для наглядного исследования эффекта Доплера с помощью программного обеспечения фирмы National Instruments.

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Создание программного обеспечения для решения поставленной задачи осуществлялось в среде программирования NI LabVIEW 12.

## 3. Описание решения

На рисунке 1 представлен общий вид установки.

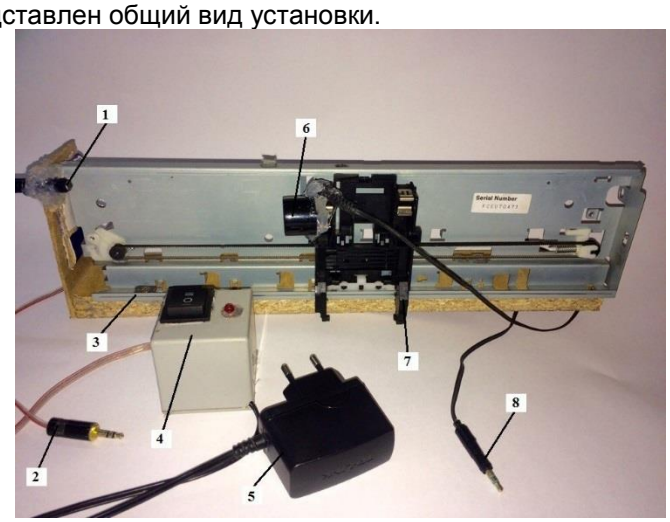



Рис.1. Общий вид установки

На рисунке 1 представлены: 1- приемник ультразвука; 2- разъём TRS для подключения приемника ультразвука к ПК; 3- направляющая рейка для платформы; 4- блок управления направлением движения платформы 5- блок питания; 6- излучатель ультразвука; 7- движущаяся платформа;8- разъём TRS для подключения излучателя ультразвука к ПК.

С помощью штекера (8) источник (6) подключается к ПК, а с помощью штекера (2) к ПК подключается приемник излучения (1). Блок управления (4) переключается в состояние «Установка». Далее на компьютере задаются необходимые для измерения параметры (рис.2), такие как: тип выходного сигнала, частота выходного сигнала и скорость ультразвука. Кроме того также задаются параметры для полосового фильтра.

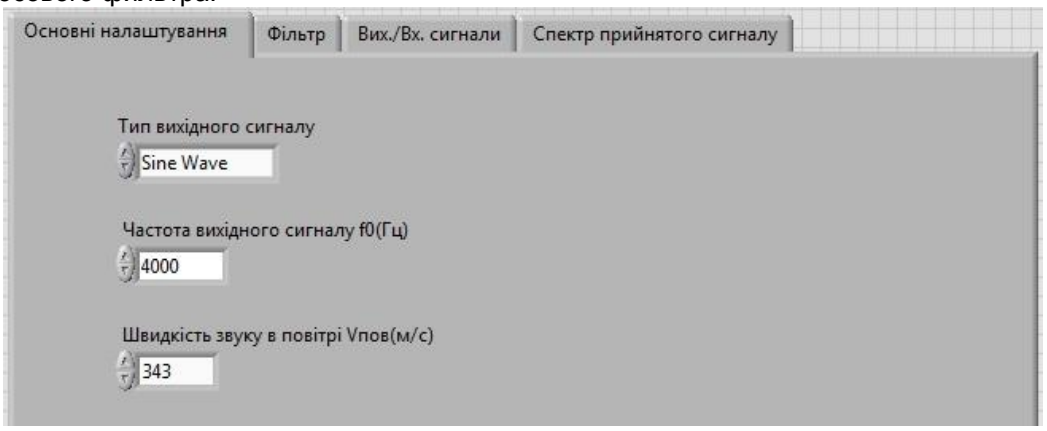



Рис. 2. Панель управления в среде LabVIEW

После запуска программы на вкладке вых./вх. сигналы, задается необходимый коэффициент усиления. И наблюдается два синусоидальных сигнала: белый и красный (рис.3).

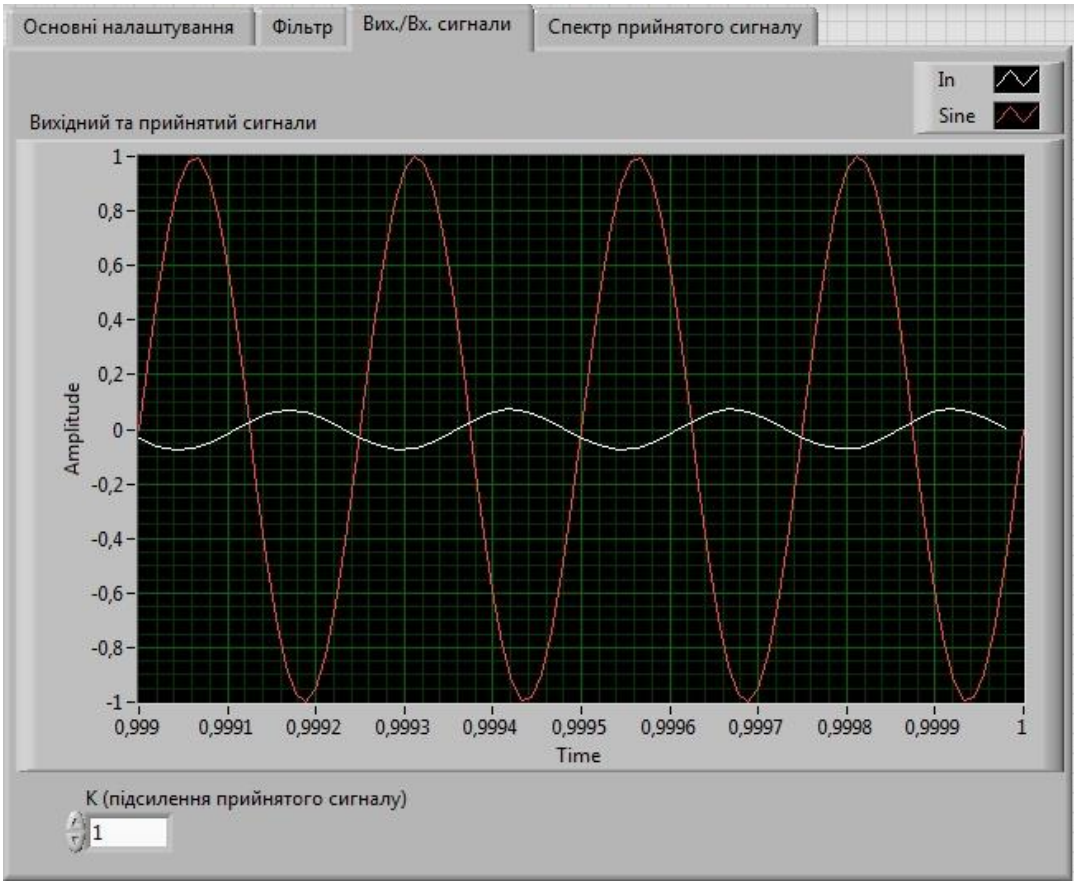



Рис. 3 Выходной и принятый сигналы

На последней вкладке регистрируется: принятая частота, скорость источника ультразвука и спектр принятого сигнала (рис.4).

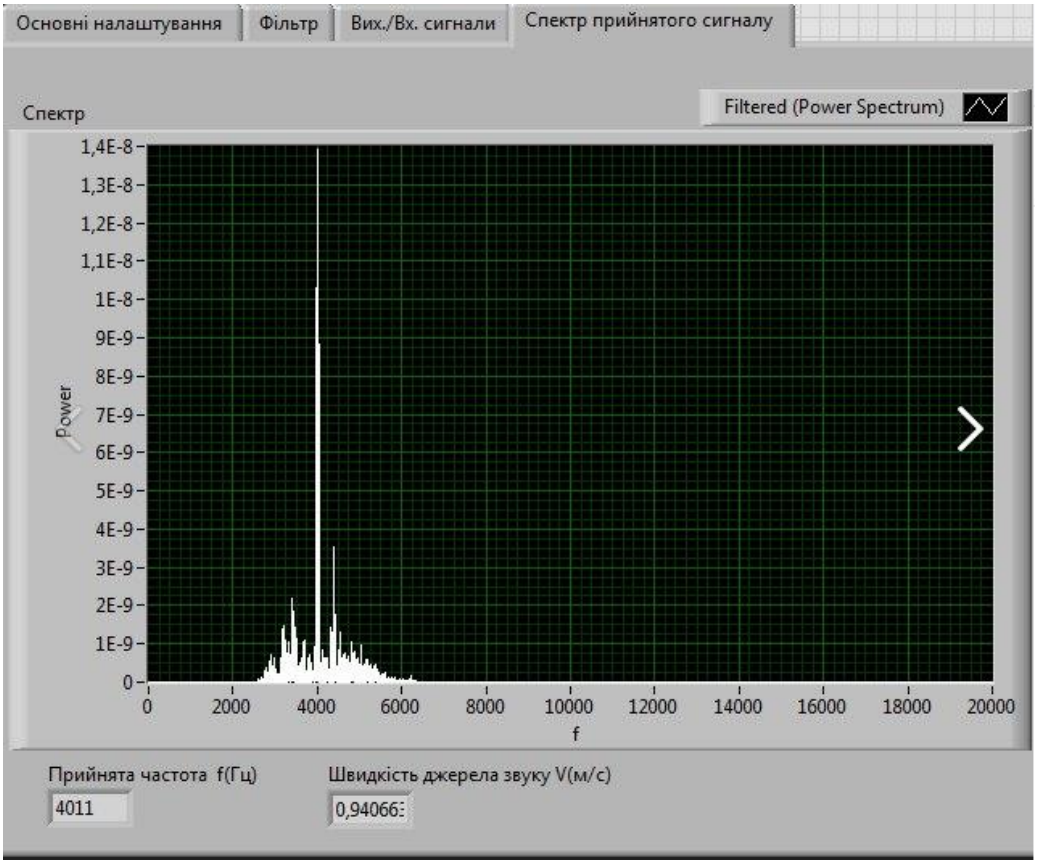



Рис 3. Спектр принятого сигнала

Создание данной установки позволило студентам более наглядно понять эффекта Доплера, а так же увидеть принципы на которых разрабатываются приборы с его использованием.

**4. Внедрение и его перспективы**

Разработанная установка успешно используется для выполнения лабораторных работ в НТУУ «Киевский политехнический институт им. И. Сикорского». Планируется усовершенствование данной установки и внедрение ее и в другие учебные заведения страны.

**5. Список литературы**


[1]. Цапенко В. К. Основы ультразвукового неразрушающего контроля / В. К. Цапенко, Ю. В. Куц. – Киев, 2009.

[2]. http://uzilab.ru/primenenie-ultrazvuka/effekt-dopplera-v-meditsine/- статья на сайте UZILAB.


## INSTALLATION FOR RESEARCH OF THE DOPPLER EFFECT


I.R. Matushchak, D.M. Pogrebenko, I.V. Rozhanskaya, A.A. Mirgorodskiy, S.V. Hodnevich

*NTUU "Kiev Polytechnic Institute. Sikorsky", Ukraine, Kiev*



*The process of creating an installation for research of the Doppler effect using software provided by National Instruments is considered in this article. Also detailed scheme of installation with designation of its main units is mentioned. This work describes a testing process, a signals obtained during the experimental research and the used and shown fragments of the software.*



*Keywords: Doppler effects, the change in the oscillation frequency, ultrasonic, frequency offset, testing equipment*

# УСТАНОВКИ-СИМУЛЯТОРЫ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ

А.Н. Филанович, А.А. Повзнер

*Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г.Екатеринбург*

*Рассмотрен процесс создания лабораторных установок-симуляторов для проведения лабораторного практикума по ядерной физике. Приводится краткое описание реальных экспериментов по исследованию радиоактивного излучения и его поглощения, имитируемых разработанными установками, изложены некоторые технические детали создания симуляторов.*

*Ключевые слова: симуляторы, лабораторный практикум, ядерная физика, USB 6008*

## 1. Постановка задачи

Раздел «физика атомного ядра» является обязательным элементом вузовского курса физики и, как любой раздел, предусматривает не только лекционные, но также практические и лабораторные занятия. Однако проведение лабораторного практикума по ядерной физике требует приобретения и сопровождения источников радиоактивного излучения, которые могут представлять опасность и требуют от кафедры, проводящей занятия, постоянной отчетности перед контролирующими органами.

С другой стороны, происходящее активное внедрение цифровых технологий в образовательный процесс позволяет имитировать (осуществлять симуляцию) различных изучаемых процессов и явлений в безопасной среде. На сегодняшний день симуляторы широко используются для подготовки летчиков, водителей, военных и т.д. На кафедре физики УрФУ были разработаны установки-симуляторы для проведения двух лабораторных работ раздела «ядерная физика» – «Исследование альфа-распада радиоактивного изотопа альфа-плутония» и «Измерение коэффициента поглощения гамма-излучения».

## 2. Используемое оборудование и программное обеспечение

Аналогово-цифровые преобразователи NI USB 6008, LabVIEW 8.2

## 3. Описание решения

В лабораторной работе «Исследование альфа-распада радиоактивного изотопа альфа-плутония» исследуется зависимость потока альфа-частиц от расстояния между радиоактивным источником (плутоний $^{238}$Pu) и сцинтилляционным счетчиком, которые помещены в толстый металлический баллон, предотвращающий проникновение радиоактивного излучения. Путем вращения гайки на штоке, студент изменяет расстояние между источником и счетчиком излучения, что в конечном счете позволяет определить такие величины, как экстраполированная длина пробега альфа-частиц и их энергия, а также сравнить полученное значение энергии с теоретическим, следующим из закона Гейгера-Нэттола для данного радиоактивного изотопа. При создании установок-симуляторов за основу были взяты лабораторные установки, которые ранее на кафедре использовались для проведения эксперимента с радиоактивными источниками. После того, как из баллона был извлечен источник излучения, в баллоне был выполнен монтаж системы, связывающей шток с ползунковым потенциометром, сигнал с которого подается на аналогово-цифровой преобразователь (АЦП) и далее на компьютер. С использованием среды NI LabVIEW была разработана компьютерная программа (рис. 1), которая считывает данные об электросопротивлении потенциометра с АЦП и на основе данных о расстоянии между источником и приемником рассчитывает и в режиме реального времени выводит на экран монитора импульсы различной амплитуды, а также показания счетчика числа зарегистрированных импульсов. В компьютерную модель заложен случайный характер радиоактивного распада, который приводит к тому, что при фиксированном расстоянии между источником и приемником, число импульсов, регистрируемых в отдельных опытах, различно.

Подобным образом реализована установка-симулятор «Измерение коэффициента поглощения гамма-излучения». В данной работе радиоактивный препарат ($^{60}$Co) помещен в массивный свинцовый контейнер, на котором закреплен плексигласовый цилиндр. Внутри цилиндра по оси расположен счетчик Гейгера-Мюллера, а вокруг оси закреплен барабан с пластинами различной толщины из двух поглощающих материалов – свинца и алюминия. После извлечения

источника гамма-излучения ось была соединена с валом потенциометра, который выступает в роли датчика угла поворота барабана, тем самым позволяя определить, пластина из какого материала и какой толщины в данный момент находится между источником излучения (в действительности отсутствующим в установке) и счетчиком Гейгера-Мюллера. Далее компьютерная программа моделирует сигнал, поступающий со счетчика гамма-частиц, и выдает результат опыта на экран монитора.

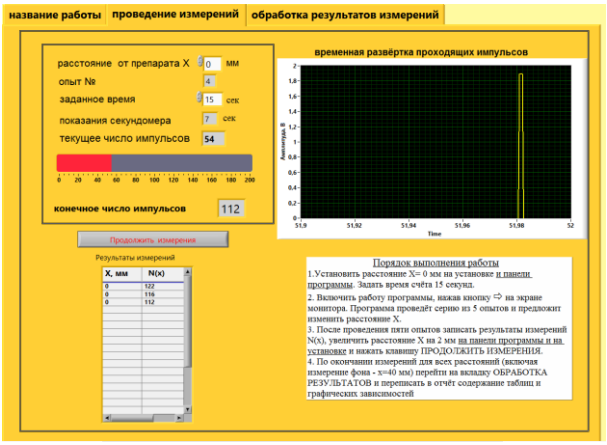



Рис. 1. Программа регистрации и обработки результатов эксперимета

**4. Внедрение и его перспективы**

Таким образом, нам удалось создать симуляторы, визуально не отличающиеся от установок с радиоактивным источником внутри, и обеспечивающие аналогичные результаты измерений. При этом, однако, не возникает опасности для студентов и преподавателей, а также отсутствует необходимость строгой отчетности по радиоактивным источникам. Кроме того, в модель компьютерной программы можно закладывать параметры, соответствующие различным радиоактивным изотопам, тем самым расширяя возможности «обычных» лабораторных установок.

Следует также отметить отличие работы с симулятором от выполнения виртуальной лабораторной работы. Эксперимент на симуляторе хотя и является виртуальным, в ходе него обучаемый в реальной обстановке (а не на экране) осуществляет манипуляции с органами управления установки, что несомненно реалистичнее чисто виртуального аналога, даже если он реализован на высоком технологическом уровне. В настоящее время созданные симуляторы активно используются в лабораторном практикуме кафедры физики УрФУ.

**ON SIMULATION OF STUDENTS' LABORATOTY EXPERIMENTS IN NUCLEAR PHYSICS**

A.N. Filanovich, A.A. Povzner

*Ural Federal University named after the first President of Russia B.N.Yeltsin*

*The paper considers the process of development of the laboratory setups, which simulate real experiments of students in the field of nuclear physics. A brief description of the real experiments on investigation of nuclear radiation and its absorption, which is emulated by the developed setups, and some technical details of creation of the simulators, are provided.*

*Keywords: simulators, laboratory classes, nuclear physics, USB 6008*

# LABVIEW КАК ТИПОВОЕ РЕШЕНИЕ В СТУДЕНЧЕСКИХ ПРОЕКТАХ ПО РАЗРАБОТКЕ ПЕРИФЕРИЙНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ БЫТОВОГО И МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

П. И. Илбуть, С. С. Лешкевич, С. В. Лешкевич, В. А. Саечников

*Белорусский Государственный Университет, г. Минск*

*В статье рассматривается процесс создания симулятора протоколов дистанционного управления бытовыми устройствами на основе технологий National Instruments и микроконтроллеров фирмы Atmel. На основе проекта созданы и отработаны типовые решения для периферийных измерительных устройств бытового и медицинского назначения.*

*Ключевые слова: беспроводная связь, LabVIEW, кодирование / декодирование, приём / передача / обработка сигналов, протоколы передачи.*

## Постановка задачи

Целью работы было:

разработать на недорогой элементной базе универсальный симулятор протоколов дистанционного (инфракрасного) управления бытовыми устройствами различного типа, который в паре с персональным компьютером смог бы перехватывать сигналы управления бытовыми устройствами и симулировать используемые протоколы для нескольких устройств одновременно.

отработать в процессе разработки симулятора протоколов типовые решения, которые можно было бы использовать в периферийных устройствах бытового и медицинского назначения.

На рисунке 1 представлена принципиальная схема симулятора.

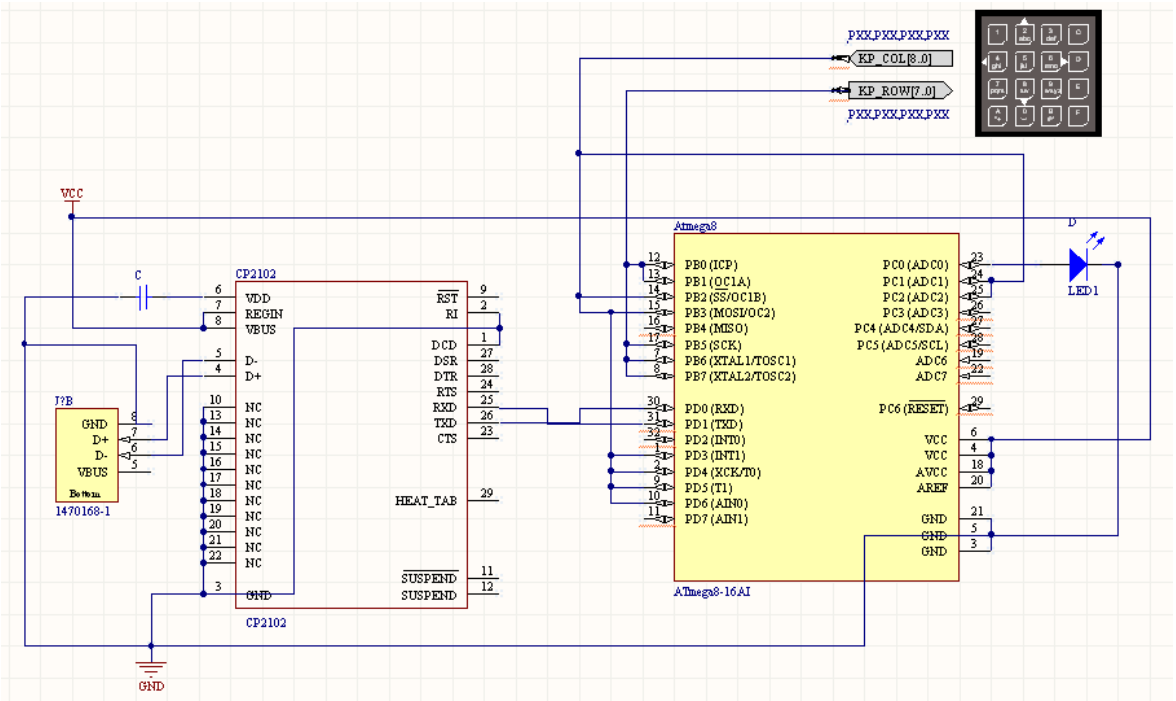



Рис 1. Принципиальная схема симулятора протоколов.

## Используемое оборудование и программное обеспечение

В качестве основного целевого устройства для выполнения симуляции использовался пульт дистанционного управления телевизора, реализующий протокол IR6. Основными элементами симулятора являются:

микроконтроллер Atmega8;

преобразователь USB – UART (CP2102),

клавиатура матричного типа;

ИК-диод, который работает на передачу сигнала в основном режиме и в качестве приемника ИК сигнала в режиме обучения;

персональный компьютер.с портом USB

**Описание решения**

У пульта существует два режима работы: режим обучения и режим передачи сигнала.

Режим обучения состоит в перехвате сигнала, управляющего внешним устройством, и передаче информации в персональный компьютер. Приходящие сигналы регистрируются с помощью аналогово-цифрового преобразователя (далее АЦП), являющегося частью программируемого микроконтроллера. ПК обрабатывает полученные сигналы сжимает информацию и передает обратно на симулятор для дальнейшей их ретрансляции на электронные устройства, для которых эти сигналы изначально предназначены.

Регистрация сигналов происходит путем считывания аналогового входа микроконтроллера ADC0. При приеме сигнала регистрируются не значения, измеренные АЦП, а длительности посылок, которые более информативны.

Переданный на компьютер в виде длительностей посылок сигнал сжимается и результат записывается в программную память микроконтроллера. При нажатии на любую из кнопок симулятора происходит распаковка и ретрансляция управляющей последовательности. Опознавание нажатой кнопки происходит с помощью мультиплексирующей последовательности.

Протокол обмена с персональным компьютером заключается в приеме и выполнении симулятором команд и обмене данными. На ПК протокол обмена реализован в среде LabView и включает два параллельных цикла, один из которых обрабатывает информацию, полученную с симулятора (рис.2)

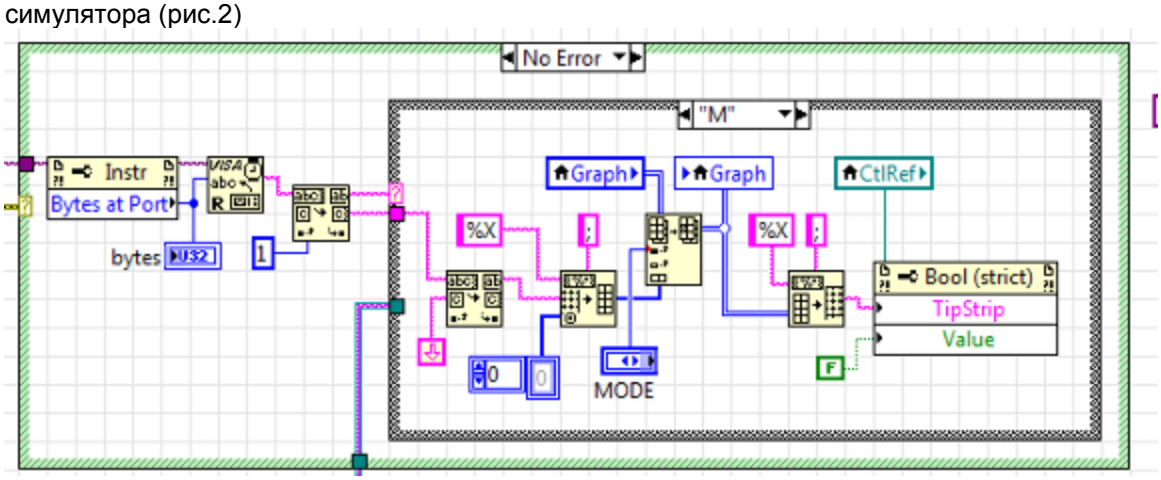



Рис.2 Цикл обработки информацию симулятора

Второй цикл обрабатывает события графического интерфейса пользователя. (Рис. 3)

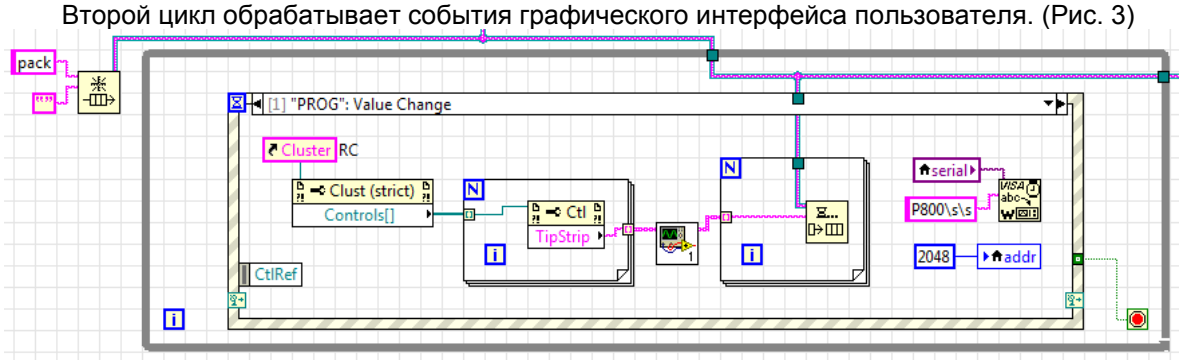



Рис 3 Цикл обработки событий графического интерфейса пользователя

Графический интерфейс симулятора представлен на рис. 4

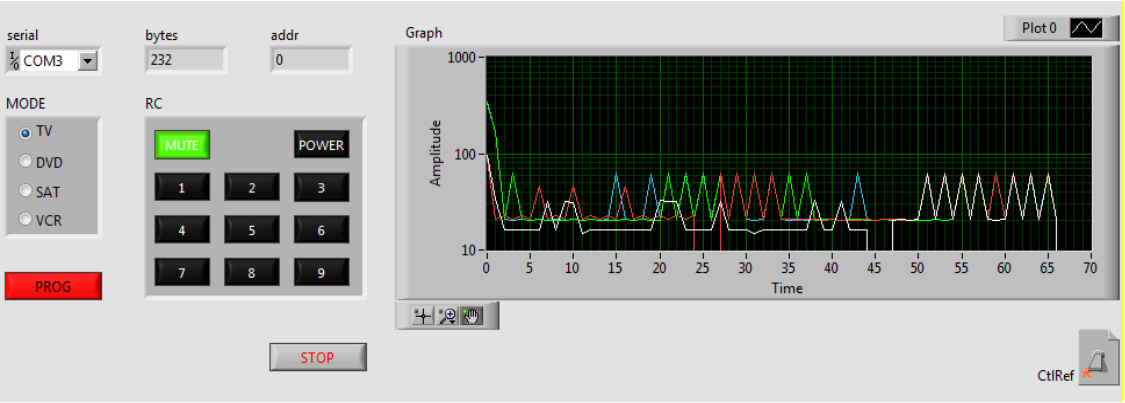



Рис.4 Графический интерфейс симулятора

График отражает набор длительностей посылок в управляющих последовательностях для четырех симулируемых пультов. Нажатие на изображение кнопки пульта запускает процедуру перехвата. Реализовано переключение типа пульта и программирование памяти симулятора после заполнения памяти комплекта кнопок.

**Внедрение и его перспективы**

Разработанная система используется в качестве лабораторного оборудования для подготовки специалистов в области физики и информатики в Белорусском государственном университете.

**Список литературы**


[1]. www.ni.com/
[2]. atmel.com
[3]. Илбуть П.И., Лешкевич С.В., Саечников В.А. – Разработка модели приёмо-передающего тракта для МКА, XII конференции молодых учёных «Фундаментальные и прикладные космические исследования», ИКИ РАН, Москва 2015.
[4]. Илбуть П.И., Лешкевич С.В., Саечников В.А. – Система связи с наземным комплексом управления для студенческого космического аппарата, 33 научная техническая конференция, АГАТ СИСТЕМС, Минск, 2016.Преображенский В.П. Теплотехнические измерения и приборы. – М.: Энергия, 1978.


**LABVIEW AS TYPICAL SOLUTION FOR STUDENT PROECTS OF DOMESTIC AND MEDICAL PURPOSES PERIPHERAL DEVICES DESIGN**


P. I. Ilbut, S. S. Leshkevich, S. V. Leshkevich, V. A. Saetchnikov
Belarusian State University, Minsk



*The article discusses the creation process of protocols simulator for household devices remote control based on equipment from National Instruments and Atmel micro-controllers. Standard solutions for peripheral measuring devices for household and medical applications were developed and tested at the base of this project.*



*Keywords: wireless, LabVIEW, coding / decoding, transmission / reception / processing of signals, transmission protocols.*

# СЕКЦИЯ «ПРОГРАММНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ»


| | |
|---|---|
| **АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ МАСС-СПЕКТРОВ И КАРТ СКОРОСТЕЙ ФОТОФРАГМЕНТОВ**<br>Н.В. Дозморов, А.С. Богомолов, А.В. Бакланов<br>*Новосибирский национальный исследовательский государственный университет*<br>*Институт химической кинетики и горения им. В. В. Воеводского СО РАН* | **4** |
| **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬ ТОКА НА БАЗЕ ПРИБОРА USB-6002 ПОД УПРАВЛЕНИЕМ LABVIEW**<br>А.Н. Цирков[2], Л.Н. Кессаринский[1,2]<br>*1. АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва*<br>*2.НИЯУ МИФИ, г. Москва* | **7** |
| **АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА НЕЙРОСЕТЕВОЙ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ ПИ-РЕГУЛЯТОРА СКОРОСТИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОСТОЯННОГО ТОКА**<br>Ю.И. Еременко[1], А.И. Глущенко[1], В.А. Петров[1]<br>*1 СТИ НИТУ "МИСиС", Белгородская обл., г. Старый Оскол* | **10** |
| **ВИЗУАЛИЗАЦИЯ РАБОТЫ КОМПЛЕКСИРОВАННОЙ ЛАЗЕРНОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КООРДИНАТ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ**<br>Е.Г. Борисов[1], К.Ю. Беглов[2], В.Е.Махов[3]<br>*1. Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А.Бонч-Бруевича,* г. *Санкт-Петербург*<br>*2. Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, г. Санкт-Петербург*<br>*3. Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург* | **13** |
| **ГЕНЕРАТОР ЭКГ-СИГНАЛА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕСТОВЫХ ИСПЫТАНИЙ И КАЛИБРОВКИ ПРОЕКТИРУЕМОГО УСТРОЙСТВА ДИАГНОСТИКИ ЗАБОЛЕВАНИЙ СЕРДЦА**<br>М.В. Павлова<br>*НИУ ВШЭ, г. Москва* | **16** |
| **ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УЧЕТА ТЕПЛОВОЙ ЭНЕРГИИ**<br>Д.В. Жматов<br>*Московский институт энергобезопасности и энергосбережения, г. Москва* | **20** |
| **ИНТЕГРАЦИЯ СОБЫТИЙНО-УПРАВЛЯЕМЫХ БЛОКОВ НА ЯЗЫКЕ РЕФЛЕКС В СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ, РЕАЛИЗОВАННЫЕ НА NI LABVIEW**<br>Т.В.Лях, В.Е.Зюбин<br>*Новосибирский государственный университет, г. Новосибирск* | **23** |
| **ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕНЕВОГО СПОСОБА РЕГИСТРАЦИИ СУБМИКРОННЫХ ТОЛЩИН**<br>М.Г. Азарян[1], А.Э.Меликсетян[2]<br>*1.Радиофизический факультет, Кафедра физики полупроводников и микроэлектроники, ЕГУ, Армения, г. Ереван*<br>*2. НПУА Факультет Кибернетики, Кафедра Автоматизации управления Армения, г. Ереван* | **27** |
| **ИССЛЕДОВАНИЕ И ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ ПЕРИФЕРИЙНОМУ УСТРОЙСТВУ С ПОМОЩЬЮ КОНТАКТНОГО СЪЕМА ИНФОРМАЦИИ.**<br>Н.М. Заминалов[1], Л.И. Капитонова[1], А.А. Ушакова[1], Н.А. Шална[1], А.С. Шестаков[1], Н.А. Сухорукова[1], П.А. Кривозубов[2]<br>*1. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*<br>*2. National Instruments, г. Москва* | **30** |
| **ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕМПФИРУЮЩИХ СВОЙСТВ ОТЛИВОК ИЗ ПОЛИМЕРБЕТОНА**<br>И.В. Безин, М.С. Куц, С.О. Востриков, С.М. Николаев<br>*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва* | **35** |
| **МОДЕЛИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ХАОТИЧЕСКИХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**<br>Д.О. Пестерев[1], Д.Н. Бутусов[1]<br>*1. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург* | **38** |
| **МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЕЛЬТА-МОДУЛЯТОРА ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПРОГРАММЫ LabVIEW**<br>*З.А. Азмайпарашвили, Ю. Ш. Модебадзе, Г.Г. Мурджикнели*<br>*Грузинский технический университет, Грузия. Тбилиси* | **41** |
| **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОДНОМЕРНОГО ДИКМ НА БАЗЕ ПРОГРАММЫ LABVIEW**<br>Ю. Ш. Модебадзе<br>*Грузинский технический университет, г. Тбилиси* | **44** |
| **МОДЕЛИРОВАНИЕ ОСОБЕННОСТЕЙ БИНАУРАЛЬНОГО СЛУХА И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК РЕЧЕВОГО СИГНАЛА ПРИ БИНАУРАЛЬНОМ ВОСПРИЯТИИ В СРЕДЕ РАЗРАБОТКИ NI LABVIEW.**<br>Н.М. Заминалов[1], Е.А. Мамченко[1], Е.М. Череданова[1], А.А. Ушакова[1,] С.В. Долгих[1,] П.А. Кривозубов[2]<br>*1. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва,*<br>*2. National Instruments, г. Москва,* | **47** |

| | |
|---|---|
| **МОДЕЛЬ ДЕЛЬТА-СИГМА МОДУЛЯТОРА НА БАЗЕ ПРОГРАММЫ LabVIEW**<br>*З.А. Азмайпарашвили, Ю. Ш. Модебадзе, Г.Г. Мурджикнели*<br>Грузинский технический университет, Грузия. Тбилиси | **50** |
| **НАСТРОЙЩИК ПИД РЕГУЛЯТОРА С ИДЕНТИФИКАЦИЕЙ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ**<br>В.А. Александров[1], П.А. Ливаткин[2]<br>*1. ООО «Адаплаб», г. Москва,*<br>*2. Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова РАН, г. Москва* | **53** |
| **НЕКОТОРЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВОЗМОЖНОСТИ ПРАКТИЧЕСКОЙ РЕАЛИЗАЦИИ ОДНОГО СПОСОБА РЕГИСТРАЦИИ НАНОТОЛЩИН**<br>М.Г. Азарян[1], А.Э.Меликсетян[2]<br>*1.Радиофизический факультет, Кафедра физики полупроводников и микроэлектроники, ЕГУ, Армения, Ереван.*<br>*2. НПУА Факультет Кибернетики, Кафедра Автоматизации и управления Армения, Ереван* | **57** |
| **ОБ ОДНОЙ МОДИФИКАЦИИ АЛГОРИТМА A***<br>Е.Д. Баран, Ж.С. Першина, Н.А. Савицкая<br>*Новосибирский государственный технический университет, г. Новосибирск* | **60** |
| **ОБРАБОТКА ЭКГ-СИГНАЛОВ В ПРОГРАММНОЙ СРЕДЕ LABVIEW**<br>А.А. Кабанов, А.И. Щелканов<br>*Омский Государственный Технический Университет* | **63** |
| **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОНТУРА УГЛОВОЙ СЕЛЕКТИВНОСТИ ОБЪЕМНЫХ ГОЛОГРАММ**<br>В. А. Коклюшкин[1], А.Е. Ангервакс[2]<br>*1. Академический лицей «Физико-техническая школа», г. Санкт-Петербург,*<br>*2. Университет ИТМО, Санкт-Петербург* | **66** |
| **ПОЛУЧЕНИЕ И ОБРАБОТКА ЧИСЛОВЫХ ДАННЫХ ГРАФИКОВ**<br>В.Е. Махов, А.И. Потапов<br>*Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург* | **70** |
| **ПРОГРАММА ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ СЕЙСМОАКУСТИЧЕСКИХ ФАЙЛОВ ФОРМАТА SEG-Y**<br>К.А. Григорьев[1], Н.А. Губин[1], Д.А. Ченский[1], А.Г. Ченский[1]<br>*1. ФГБОУ ВО «ИРНИТУ»,664074, Иркутская обл., г. Иркутск* | **74** |
| **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ИНСТРУМЕНТАЛЬНОЙ ДОСТОВЕРНОСТИ ПОВЕРКИ СРЕДСТВ ИЗМЕРЕНИЙ**<br>Е.Е. Невская[1]<br>*1. НИЦ «Курчатовский институт», г. Москва* | **76** |
| **ПРОГРАММНЫЙ МОДУЛЬ ПРЕОБРАЗОВАНИЯ ПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ПРОФИЛОГРАФА**<br>Н.А. Губин, К.А. Григорьев, А.Г. Ченский.<br>ФГБОУ ВПО ИрГТУ, г. Иркутск | **79** |
| **ПРОЕКТИРОВАНИЕ В LABVIEW АДАПТИВНОГО ФИЛЬТРА АКУСТИЧЕСКИХ СИГНАЛОВ ДЛЯ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ОБЪЕКТОВ КОНТРОЛЯ В УСЛОВИЯХ СИЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ШУМОВ**<br>К.Ю. Агаян, Е.А. Балакина, А.П. Баранова, А.К. Вяткина, Д.Д. Гришина,<br>В.А. Лунев, Д.Р. Мухамадияров, С.Х.Нгуен, А.В. Никитин, М.П. Павловская, С.И. Садыков, Д.Р. Темралиева, Д.Н. Цайклер, В.В. Цой, М.С.Шарипов, Г. Р. Арипов,<br>С.А. Никулин, В.Г. Ханжин<br>*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», Москва* | **82** |
| **РАЗВИТИЕ МЕТОДОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИВОДОВ ГИБРИДНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ЗА СЧЁТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПАКЕТА NI MOTION**<br>А.Н. Стариков, И.В. Протягов<br>*Владимирский государственный университет им. А.Г. и Н.Г Столетовых, г. Владимир* | **85** |
| **РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНЫХ ИНСТРУМЕНТОВ ДЛЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В LABVIEW РАДИАЛЬНО-БАЗИСНЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ (RBF) ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ**<br>К.Ю. Агаян, Е.А. Балакина, А.П. Баранова, А.К. Вяткина, Д.Д. Гришина,<br>В.А. Лунев, Д.Р. Мухамадияров, С.Х.Нгуен, А.В. Никитин, М.П. Павловская, С.И. Садыков, Д.Р. Темралиева, Д.Н. Цайклер, В.В. Цой, М.С.Шарипов, Г. Р. Арипов,<br>С.А. Никулин, В.Г. Ханжин<br>*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва* | **88** |
| **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-ТЕХНИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА И МЕТОДИКИ МЕТРОЛОГИЧЕСКОЙ ПОВЕРКИ РАСХОДОМЕРОВ**<br>С.Г. Хан, А.Е. Ташибаева<br>*НАО «Алматинский университет энергетики и связи», г. Алматы, респ. Казахстан* | **91** |
| **СИСТЕМА ДВУХФОТОННОЙ ЛАЗЕРНОЙ СКАНИРУЮЩЕЙ МИКРОСКОПИИ**<br>С.Ю. Маковкин, М.С. Доронин, А.В. Попов<br>*НИИ Нейронаук, Нижегородская обл., г. Нижний Новгород* | **94** |
| **СИСТЕМА КОНТРОЛЯ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИИ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ**<br>Р.М. Галаган, А.С. Момот<br>*НТУУ «КПИ», Украина, г. Киев* | **98** |

| | |
|---|---|
| **СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ МАЛЫХ СКОРОСТЕЙ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА ИЗОБРАЖЕНИЯ LABVIEW**<br>Р.Ш. Загидуллин[1], В.И. Колмаков[2]<br>*[2]МГТУ им. Н.Э. Баумана г. Москва* | **101** |
| **СИСТЕМА СБОРА БИОМЕТРИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПЧЕЛИНОГО УЛЬЯ**<br>Т.И. Каримов[1], Д. А. Белкин[1], А.С. Топорская[1], Т.С. Севастьянова[1]<br>*1. СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург* | **105** |
| **СОЗДАНИЕ АКУСТИЧЕСКОЙ ФАЗИРОВАННОЙ РЕШЕТКИ НА БАЗЕ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОГО МОДУЛЯ СБОРА ДАННЫХ NI USB – 6210.**<br>Г. И. Ерохин[1], Н.М. Заминалов[1], Е.А. Мамченко[1], Е.М. Череданова[1], А.А. Ушакова[1,] С.В. Долгих[1,] П.А. Кривозубов[2]<br>*1. МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва*<br>*2. National Instruments, г. Москва* | **108** |
| **УПРАВЛЕНИЕ В LABVIEW АКУСТИЧЕСКИМ ПЬЕЗОИЗЛУЧАТЕЛЕМ РОБОТА НА БАЗЕ АППАРАТНОЙ ПЛАТФОРМЫ ARDUINO**<br>К.Ю. Агаян, Е.А. Балакина, А.П. Баранова, А.К. Вяткина, Д.Д. Гришина, В.А. Лунев, Д.Р.Мухамадияров, С.Х.Нгуен, А.В. Никитин, М.П. Павловская, С.И. Садыков, Д.Р.Темралиева, Д.Н. Цайклер, В.В. Цой, М.С.Шарипов, Г. Р. Арипов, С.А. Никулин, В.Г. Ханжин<br>*Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва* | **111** |
| **ФОРМИРОВАНИЕ АЛГОРИТМА ИЗМЕРЕНИЯ ДЛЯ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ**<br>А.,И. Кучер[1], Г. К. Алексанян[1], В.В.Демьянов[1]<br>*1. ФГБОУ ВО ЮРГПУ(НПИ) им. М.И.Платова, г. Новочеркасск, Ростовской обл.* | **114** |
| **IMPLEMENTATION OF THE NI-MYRIO BOARD AND FAST DIGITAL OSCILLOSCOPE**<br>*Yerevan Physics Institute, Armenia*<br>Ashot Chilingarian, Yeghia Khanikyanc, David Pokhsraryan, Suren Soghomonyan | **116** |


# СЕКЦИЯ «ЭЛЕКТРОНИКА И РАДИОТЕХНИКА»


| | |
|---|---|
| **АВТОМАТИЗАЦИЯ ИСПЫТАНИЙ РЭА НА ИМПУЛЬСНУЮ ЭЛЕКТРИЧЕСКУЮ ПРОЧНОСТЬ**<br>П.К. Скоробогатов, К.А. Епифанцев, Н.С. Дятлов<br>*НИЯУ МИФИ, г. Москва,* | **119** |
| **АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБМЕНА ИНФОРМАЦИЕЙ В ЗАЩИЩЕННЫХ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМАХ**<br>З.А. Внукова[1], А.Д. Буханцов[1]<br>*1. ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», г. Белгород* | **123** |
| **АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕСТИРОВАНИЯ АНАЛОГО-ЦИФРОВОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ 7809ALPRPFK**<br>Д.С. Костюченко[1,2], А.Б. Каракозов[1,2], П.В. Некрасов[1,2]<br>*1. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва*<br>*2. АО «ЭНПО Специализированные электронные системы», г. Москва* | **125** |
| **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МЕТОДОВ БЕССЕНСОРНОЙ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ ПОСТОЯННОГО ТОКА**<br>Р.И. Леухин, Д.В. Шайхутдинов, В.В. Гречихин, К.М. Широков, Д.А. Щучкин<br>*ЮРГПУ (НПИ) имени М.И. Платова, г. Новочеркасск, Ростовская обл.* | **128** |
| **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ОПТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЛАЗЕРНЫХ ДИОДОВ**<br>Р.К. Можаев[1] , М.Е. Черняк[1,2]<br>*1. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва*<br>*2. АО «ЭНПО Специализированные электронные системы», г. Москва* | **132** |
| **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ПАРАМЕТРОВ МОНОХРОМНЫХ ЛИНЕЙНЫХ ПЗС-СЕНСОРОВ**<br>Н.А. Комарова[1,2], М.Е. Черняк[1,2]<br>*1. Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва*<br>*2. АО «ЭНПО Специализированные электронные системы», г. Москва* | **136** |
| **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ФУНКЦИОНАЛЬНОГО И ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО КОНТРОЛЯ МИКРОСХЕМ СТАНДАРТА MIL-STD-1553**<br>А.Е. Руденков[1], А.О. Ахметов[1,2], Д.В. Бобровский[1,2]<br>*1. АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва; 2. НИЯУ «МИФИ», г. Москва* | **139** |
| **АВТОМАТИЗАЦИЯ СПЕКТРАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ С ПОМОЩЬЮ МОНОХРОМАТОРА МДР-2 ЛОМО**<br>А.В. Ермачихин, С.И. Мальченко, В.Г. Литвинов, О.М. Мокина, А.Д. Маслов<br>*Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань* | **142** |

| | |
|---|---|
| **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА АНАЛИЗА ДИНАМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК КВАДРАТУРНОГО ФОРМИРОВАТЕЛЯ СИГНАЛОВ**<br>К.К. Храмов[1], И.Д. Грошков[2]<br>*1. Муромский институт (филиал) ВлГУ, г. Муром, Владимирская обл.*<br>*2. АО «МЗ РИП», г. Муром, Владимирская обл.* | **145** |
| **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ РАДИОПРИЕМНОГО ТРАКТА**<br>И.А. Лисин, О.В. Григораш<br>*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева, Казань, Россия* | **148** |
| **АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ДЕТЕКТИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ СБОЕВ В МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ СБИС**<br>А.Ю.Егоров, И.О.Лоскутов, П.В.Некрасов<br>*АО «ЭНПО СПЭЛС»/ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, г. Москва* | **151** |
| **ВИРТУАЛЬНАЯ ДИАГНОСТИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ С КОРРЕКЦИЕЙ ПОГРЕШНОСТЕЙ СОВОКУПНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ УЗЛОВЫХ АДМИТАНСОВ**<br>А.В. Князьков, С.К. Куроедов, А.В. Светлов<br>*Пензенский государственный университет, г. Пенза* | **154** |
| **ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ЛОКАЛЬНОГО ИССЛЕДОВАНИЯ ЭЛЕКТРОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ СТРУКТУР**<br>Д.С. Кусакин, А.В. Ермачихин, В.Г. Литвинов<br>*Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань* | **157** |
| **ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПЬЕЗОКЕРАМИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ**<br>А.В. Светлов, А.В. Князьков, А.С. Колдов, Н.В.Родионова<br>*Пензенский государственный университет, кафедра "Радиотехника и радиоэлектронные системы", Региональный Центр технологий National Instruments, г. Пенза* | **160** |
| **ИЗМЕРИТЕЛЬНО-АНАЛИТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ ЗАВИСИМОСТИ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК МАТЕРИАЛОВ И СТРУКТУР ЭЛЕКТРОНИКИ**<br>А.В. Ермачихин, Ю.В. Воробьев, В.Г. Литвинов<br>*Рязанский государственный радиотехнический университет, г. Рязань* | **164** |
| **ИНЕРЦИОННЫЙ ПОЗИЦИОНЕР С СУБМИКРОННЫМ ШАГОМ НА БАЗЕ МАГНИТОЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПРИВОДА**<br>М.Г. Азарян<br>*Радиофизический факультет, Кафедра физики полупроводников и микроэлектроники, ЕГУ Армения, Ереван* | **167** |
| **ИССЛЕДОВАНИЕ РАБОТЫ МИКРОКОНТРОЛЛЕРА MSP430G2553 В РЕЖИМАХ НИЗКОГО ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ SMU PXIe-4139**<br>С.Л. Денисов, В.В. Речков, С.Н. Дубовой, А.Т. Лелеков<br>*ФГБОУ ВО «Сибирский государственный аэрокосмический университет имени академика М.Ф. Решетнёва», Сибирский федеральный округ, Красноярский край, г. Красноярск* | **171** |
| **КОНТРОЛЬ СБОЕВ И ТОЧНОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ МИКРОСХЕМ ЦИФРО-АНАЛОГОВЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕСКСА NATIONAL INSTRUMENTS**<br>А.Б. Каракозов, П.В. Некрасов, Г.С. Сорокоумов, Д.В. Бобровский<br>*АО «ЭНПО СПЭЛС» / ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, г. Москва* | **174** |
| **ЛАБОРАТОРНЫЙ СТЕНД ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВЫСОКОЧАСТОТНОГО ЦИФРОВОГО СИГНАЛА**<br>А.Е. Макаров, Р.К. Сагдиев, к.т.н.<br>*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ»* | **177** |
| **ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ MIMO-2X2 СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ**<br>Т.В. Хоанг[1], С.Х. Фам[1], Ф.А. Цветков[2]<br>*1, 2 ЮФУ, ИРТСУ, 347928, г. Таганрог* | **180** |
| **МАКЕТ СИСТЕМЫ ШИРОКОПОЛОСНОЙ СВЯЗИ ДЛЯ ГИДРОАКУСТИЧЕСКОГО КАНАЛА ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ**<br>Д.А. Токмачев, А.Г. Ченский<br>*ФГБОУ ВПО ИрГТУ664074, г. Иркутск* | **183** |
| **МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАРКИ ОПТИЧЕСКОГО СТЕКЛА С ПОМОЩЬЮ РАМАНОВСКОЙ СПЕКТРОСКОПИИ**<br>А.Л. Гришаев, А.В. Перчик, А.А. Гавриченкова<br>*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва* | **186** |
| **МОНИТОРИНГ МАГНИТНОГО ПОЛЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ LABVIEW**<br>О.Б.Скворцов[1,2]<br>*"Научно-Технический Центр "Завод Балансировочных Машин" Россия, г. Москва,*<br>*2. Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук (ИМАШ РАН) Россия, г. Москва* | **188** |

| | |
|---|---|
| **ПОВЫШЕНИЕ ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СЕТЕЙ WI-FI В ДИАПАЗОНЕ 2,4 ГГЦ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЧЕТЫРЕХКАНАЛЬНОГО ЧАСТОТНОГО ПЛАНА**<br>А.В. Гусев, А.В. Качнов, Р.А. Андреев, А.И. Богданов, С.В. Бачевский<br>*ООО «Гиперион», г. Санкт-Петербург* | **192** |
| **ПОЛУЧЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ ЭМУЛЯЦИИ ВЫХОДНОГО СИГНАЛА ПЗС МАТРИЦЫ**<br>Н.Д. Кравченко, П.В. Некрасов<br>*АО «ЭНПО «СПЭЛС», г. Москва* | **198** |
| **ПРИМЕНЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ «PXI» ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ПРЕЦИЗИОННОЙ ВЫХОДНОЙ ХАРАКТЕРИСТИКИ И КОНТРОЛЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ДАТЧИКА ХОЛЛА SS495A**<br>М.Е. Коротеев[1,2], А.В. Демидова[1,2]<br>*1. АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва; 2. ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, г. Москва,* | **202** |
| **ПРИМЕНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ NI ДЛЯ ТЕМПЕРАТУРНОЙ КОМПЕНСАЦИИ ПОКАЗАНИЙ ВОЛОКОННО-ОПТИЧЕСКОГО ДАТЧИКА НАПРЯЖЕННОСТИ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ**<br>В.С. Темкина, А.В. Медведев, А.С. Мязин<br>*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург* | **205** |
| **РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ИЗМЕРЕНИЯ ЧАСТОТЫ ОСНОВНОГО ТОНА РЕЧЕВЫХ СИГНАЛОВ В СРЕДЕ ГРАФИЧЕСКОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ LABVIEW**<br>А.К. Алимурадов, А.Ю. Тычков, П.П. Чураков<br>*ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет», г. Пенза* | **208** |
| **РАЗРАБОТКА СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСНОВНЫХ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ ПРИ МАКСИМАЛЬНОЙ НАГРУЗКЕ**<br>А.В. Иванов, А.В. Суханов<br>НПК «Технологический центр» г. Москва, Зеленоград | **211** |
| **РАЗРАБОТКА УНИВЕРСАЛЬНОГО АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ АВТОМАТИЗАЦИИ РАДИАЦИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ АНАЛОГОВЫХ ИС**<br>Д.В.Печенкина[1,2], М.П.Белова[1,2]<br>*1. ОАО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва, 2. НИЯУ МИФИ, г. Москва* | **214** |
| **РАСЧЕТ ХАРАКТЕРИСТИК ОПЕРАТИВНОСТИ СИСТЕМЫ ИСПЫТАНИЙ ЗЕМНЫХ СТАНЦИЙ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ**<br>В.А. Комаров<br>*АО «Информационные спутниковые системы» имени академика М.Ф. Решетнёва», г. Железногорск, Красноярский край* | **217** |
| **СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕСТОВЫХ ЯЧЕЕК ПАМЯТИ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗАТОРА ПОЛУПРОВОДНИКОВЫХ ПРИБОРОВ KEYSIGHT B1500A**<br>И.И. Швецов-Шиловский[1,2], А.Б. Боруздина[1,2], А.В. Уланова[1,2], К.М. Амбуркин[1,2], А.Ю. Никифоров[1,2]<br>*1. АО «ЭНПО Специализированные электронные системы» г. Москва*<br>*2. Национальный Исследовательский Ядерный Университет «МИФИ», г. Москва* | **220** |
| **СИСТЕМА МОДЕЛИРОВАНИЯ И КОНТРОЛЯ ЦИФРОВЫХ И СВЧ МОДУЛЕЙ ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ**<br>Н.Н. Кисель, С.В. Левонюк, С.В. Николаев, И.И. Турулин[1], С.П. Тяжкун[2], В.Д. Ходжаев, Н.А. Шушкевич[3]<br>*1. Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону,*<br>*2. АНО «Научно-исследовательский центр ракетных и космических технологий российской академии космонавтики имени К.Э. Циолковского», Московская обл, г. Королев,*<br>*3. АО "Научно-исследовательский институт точных приборов", г. Москва* | **223** |
| **СОВРЕМЕННЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ РАДИОКОНТРОЛЯ И МОНИТОРИНГА СЕТЕЙ**<br>В.И. Чехутский, А.А. Смирнов<br>*ООО «Алькор-Коммьюникейшин», г. Москва* | **226** |
| **СОЗДАНИЕ БЕСПРОВОДНОЙ DAS СИСТЕМЫ НА БАЗЕ ОБОРУДОВАНИЯ NATIONAL INSTRUMENTS USRP**<br>Р.А. Андреев, Е.В. Боброва, А.В. Качнов, С.В. Бачевский<br>*ООО «Гиперион», г. Санкт-Петербург* | **229** |
| **УНИФИЦИКАЦИЯ ПОДКЛЮЧЕНИЯ МИКРОСХЕМ ЦИФРОВОЙ ЛОГИКИ ПРИ ПАРАМЕТРИЧЕСКОМ И ФУНКЦИОНАЛЬНОМ КОНТРОЛЕ В УСЛОВИЯХ ВНЕШНИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ.**<br>А.Р. Шарипова[1,2], А.С. Колосова[1,2], Г.Г. Давыдов[1,2].<br>1. АО «ЭНПО СПЭЛС», г. Москва,<br>2. ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, г. Москва, | **231** |
| **УСОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВИРТУАЛЬНОГО ПРИБОРА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ КОЭФФИЦИЕНТА СТОЯЧЕЙ ВОЛНЫ**<br>Г.А. Березовская, Ю.В. Морозов<br>*НГТУ, г. Новосибирск* | **235** |

| | |
|---|---|
| **УСТРОЙСТВО ДЛЯ КОНТРОЛЯ ОСНОВНОЙ КРИВОЙ НАМАГНИЧИВАНИЯ ЛИСТОВОЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОЙ СТАЛИ**<br>В.В. Боровой[1], А.И. Кучер[1]<br>*1. ФГБОУ ВО ЮРГПУ(НПИ) им. М.И. Платова, г. Новочеркасск* | **238** |
| **УСТРОЙСТВО СБОРА И ОБРАТИМОГО СЖАТИЯ ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ МОДУЛЯ R-СЕРИИ**<br>С.В. Левонюк<br>*Южный Федеральный университет, г. Таганрог* | **241** |
| **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВОЗМОЖНОСТИ ДИАГНОСТИКИ ВВЕДЕНИЯ ИГЛЫ В КРОВЕНОСНЫЙ СОСУД МЕТОДОМ КОМБИНИРОВАННОЙ ОПТОАКУСТИЧЕСКОЙ И ЛАЗЕРНО-УЛЬТРАЗВУКОВОЙ ТОМОГРАФИИ**<br>А.С. Бычков[1,2], В.П. Зарубин[1,2], А.А. Карабутов[1,3], В.А. Симонова[4], Е.Б. Черепецкая[1]<br>*1. Московский Горный Институт, Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС», г. Москва*<br>*2. Физический Факультет, МГУ имени М.В. Ломоносова, г. Москва,*<br>*3. Международный учебно-научный лазерный центр, МГУ им. М.В. Ломоносова, г. Москва,*<br>*4. Институт проблем лазерных и информационных технологий Российской академии наук, Московская область, г. Шатура* | **245** |
| **ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЙ МЕТОД КОНТРОЛЯ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ**<br>А.В. Голенищев-Кутузов, М.В. Аввакумов, Р.А. Хуснутдинов, Г.Д. Марданов<br>*ФГБОУ ВО «КГЭУ», Республика Татарстан, г. Казань* | **249** |


# СЕКЦИЯ «ВСТРАИВАЕМЫЕ СИСТЕМЫ СБОРА ДАННЫХ И УПРАВЛЕНИЯ»


| | |
|---|---|
| **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ДЛЯ СНЯТИЯ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЬЕЗОРЕЗОНАНСНЫХ ДАТЧИКОВ**<br>В.С. Ошлаков, Я. С. Сергеева<br>*Алтайский государственный университет* | **253** |
| **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ И ТЕСТИРОВАНИЯ БОРТОВОЙ КАБЕЛЬНОЙ СЕТИ ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА**<br>Б.А. Галявиев, Д.В. Шахтурин<br>*Казанский национальный исследовательский технический университет им. А.Н. Туполева-КАИ, г. Казань* | **256** |
| **БЛОК РЕГИСТРАЦИИ СОПУТСТВУЮЩИХ ПАРАМЕТРОВ БЕСПРОВОДНЫХ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ ДИАГНОСТИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ**<br>В.Н. Овчарук, К.С. Рябинкина<br>*ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет», г. Хабаровск* | **258** |
| **ИНТЕГРИРОВАННАЯ СИСТЕМА БЕССЕНСОРНОГО УПРАВЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫМ ПРИВОДОМ**<br>Д.В. Шайхутдинов[1], А.С. Власов[1]<br>*1. ЮРГПУ(НПИ), г. Новочеркасск, Ростовская обл.* | **261** |
| **ИНФОРМАЦИОННО–УПРАВЛЯЮЩАЯ СИСТЕМА МНОГОЦЕЛЕВОЙ НАДВОДНОЙ РОБОТИЗИРОВАННОЙ ПЛАТФОРМЫ**<br>Д.А.Ченский, К.А. Григорьев, А.Г. Ченский<br>*ФГБОУ ВПО ИрГТУ, г. Иркутск* | **264** |
| **К ВОПРОСУ СОЗДАНИЯ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОГО ТРЕНАЖЕРНОГО КОМПЛЕКСА МОДЕЛИРОВАНИЯ ОПЕРАЦИЙ УПРАВЛЕНИЯ ЛЕДОВОЙ ОБСТАНОВКОЙ ВОКРУГ МОРСКИХ ПЛАВУЧИХ И ГРАВИТАЦИОННЫХ СООРУЖЕНИЙ**<br>В.А. Беляшов к.т.н.[1], И.В. Титков д.т.н.[2], А.О. Горланов[2], А.И. Латушко[1]<br>*1. ФГУП «Крыловский государственный научный центр», г. Санкт-Петербург*<br>*2. ООО «ДжиАйЭс Инновейшн», г. Санкт-Петербург* | **267** |
| **КОНТРОЛЛЕР ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ SDN**<br>С.С.Овинцовский[1], С.В.Розов[1]<br>*1. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, г. Санкт-Петербург* | **272** |
| **КОНТРОЛЬ ШЛАКА В СТАЛЬКОВШЕ ПРИ СЛИВЕ ЖИДКОГО МЕТАЛЛА В ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОВШ**<br>Д.А. Полещенко, Ю.А.Коврижных<br>*Старооскольский технологический институт им А.А. Угарова (филиал) ФГАОУ ВО "Национальный исследовательский технологический университет "МИСиС", г. Старый Оскол* | **275** |
| **КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИСТОЧНИКОВ ВТОРИЧНОГО ЭЛЕКТРОПИТАНИЯ НА БАЗЕ NI MYRIO**<br>К.А. Богачев, И.А. Иванов, П.С. Королев<br>*НИУ ВШЭ, г. Москва* | **278** |

| | |
|---|---|
| **МОБИЛЬНАЯ СИСТЕМА КОНТРОЛЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ**<br>Н.Д. Наракидзе[1], Ш.В. Ахмедов[1], Д.В. Шайхутдинов[1], И.А. Стеценко[1]<br>*1. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Ростовская обл., г. Новочеркасск* | **282** |
| **ПОДСИСТЕМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕМЕНИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ЭЛЕКТРОКАРДИОГРАФИЧЕСКИХ МОНИТОРОВ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИМПУЛЬСОВ ДЕФИБРИЛЛЯТОРА**<br>И.А. Стеценко[1], В.И. Леухин[1]<br>*1. Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Ростовская обл., г. Новочеркасск,* | **284** |
| **ПРИМЕНЕНИЕ LABVIEW В ОПТИМИЗАЦИИ НАУЧНЫХ ЭКСПЕРИМЕНТОВ С ПОМОЩЬЮ БЕСПРОВОДНЫХ МОДУЛЕЙ СЕРИИ XBEE SERIAL 2**<br>М. Л. Моргунов, К. А. Москаленко, Т. Р. Султанов, П. В. Некрасов<br>*АО «ЭНПО СПЭЛС» / ИЭПЭ НИЯУ «МИФИ» г. Москва* | **287** |
| **ПРИМЕНЕНИЕ КОНТРОЛЛЕРОВ NI CRIO ДЛЯ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ АВТОМАТИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА В БЛОКАХ ПРЯМОГО НАГРЕВА ЖИДКИХ И ТВЕРДЫХ РЕАГЕНТОВ**<br>Р.А. Панасенко, А.П. Филин, Н.А. Данилов<br>*Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ», г. Москва* | **291** |
| **ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПЕЧЬЮ ОБЖИГА КИРПИЧА-СЫРЦА**<br>Т.А.Изосимова, М.В.Максимова<br>*Волжский филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ)», Чувашская Республика, г. Чебоксары* | **294** |
| **РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ ДИАГНОСТИКИ ЭЛЕКТРОПРИВОДА**<br>Д. А. Полещенко, А. И. Гольев<br>*СТИ НИТУ «МИСиС», Белгородская обл., Старый Оскол* | **297** |
| **РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОЙ МОДЕЛИ ЦИФРОВОЙ ПОДСТАНЦИИ**<br>В.И. Дубров, Р.Г. Оганян, Н.Д. Наракидзе, Г.К. Алексанян<br>*Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) имени М.И. Платова, Ростовская обл., г. Новочеркасск* | **300** |
| **РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ УРОВНЯ ВИБРАЦИИ ПОВЕРХНОСТИ БАРАБАНА ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ**<br>Д. А. Полещенко, С.В. Якунин<br>СТИ НИТУ «МИСиС», Белгородская обл., Старый Оскол | **303** |
| **РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА В LABVIEW**<br>А.М. Гатауллин[1], А.В. Овчинников[2]<br>*1. ФГБОУ ВО «КГЭУ», г. Казань, Республика Татарстан*<br>*2. ГБОУ ДПО «КГМА», г. Казань, Республика Татарстан* | **306** |
| **РОБОТ С АВТОНОМНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ “WALL-E”**<br>С.В.Алтухов, И.Д.Криволапов, И.В.Бахтызин, П.В.Некрасов<br>*НИЯУ МИФИ, г. Москва* | **309** |
| **СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ БПЛА**<br>Е.Д.Баран, Ж.С.Першина, Н.А.Савицкая<br>*Новосибирский государственный технический университет* | **312** |
| **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ИСПЫТАТЕЛЬНЫМ СТЕНДОМ «ПРОГНОЗ-2»**<br>В. И. Исайченко<br>*ТПУ, г. Томск, Томская обл* | **315** |
| **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МУЛЬТИМЕДИЙНОЙ АУДИТОРИЕЙ**<br>А.К. Огарко, Ф.В. Егоров, Е.О. Петренко<br>*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва* | **318** |
| **УПРАВЛЕНИЕ ЛАЗЕРАМИ НАКАЧКИ ПРОЕКТА GALS**<br>К.А. Аввакумов[1], А.О. Борисова[2], О.В. Стрекаловский[2]<br>*1. Лаборатория ядерных реакций Объединенного института ядерных исследований, г. Дубна, Московской обл.*<br>*2. Университет «Дубна», г. Дубна, Московской обл,* | **321** |
| **УПРАВЛЕНИЕ ШАГОВЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ С ПОМОЩЬЮ МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ МОДУЛЕЙ ВВОДА-ВЫВОДА NI DAQ**<br>Ю.В. Федотов<br>*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва* | **324** |
| **УПРАВЛЯЕМАЯ СИСТЕМА ВИБРОИЗОЛЯЦИИ С ПИД-РЕГУЛИРОВАНИЕМ ПО ДАВЛЕНИЮ**<br>С.В.Кондрашов[1], Г. М.Макарьянц[1]<br>*1. ФГАОУ ВО Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П.Королева) г. Самара* | **327** |

| | |
|---|---|
| **УСТРОЙСТВО КОНТРОЛЯ ТЯГОВЫХ И ТОРМОЗНЫХ СИЛ ЛОКОМОТИВОВ**<br>М.Ю. Кейно, В.В. Заболотный<br>*ДВГУПС, г. Хабаровск* | **330** |


# СЕКЕЦИЯ «НАУЧНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ОБРАЗОВАНИЕ»


| | |
|---|---|
| **АВТОМАТИЗАЦИЯ СТЕНДА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ СВЕТОВОЗВРАЩАТЕЛЬНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИКО-ЭЛЕКТРОННЫХ ПРИБОРОВ ИК ДИАПАЗОНА**<br>Ю.В. Федотов, Р.О. Степанов, В.А. Лебедев, П.А. Филимонов, Д.Н. Родин<br>*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва* | **333** |
| **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА НА БАЗЕ RASPBERRY PI 3 СОВМЕСТНО С ARDUINO DUE**<br>Р.В.Онуфриенко, А.С.Зосимук, С.А.Коваль<br>*ФВА РВСН им. Петра Великого, г. Серпухов, Московская обл.* | **337** |
| **АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ МАКЕТОМ ЛИНИИ СОРТИРОВКИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ**<br>А.С. Егоров, В.Ю. Сухоруков<br>*ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»* | **340** |
| **АВТОМАТИЗИРОВАННЫЙ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ АКУСТИЧЕСКИХ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ АКУСТООПТИЧЕСКОГО ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ**<br>А.М. Бобрешов, И.С. Коровченко, А.В. Олейников, В.А. Степкин, А.С. Толстиков<br>*ФГБОУ ВО «ВГУ», Воронеж* | **343** |
| **ВИРТУАЛЬНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ СУППОРТА СТАНКА С ЧПУ В УСЛОВИЯХ ГРАНИЧНОГО ТРЕНИЯ**<br>В.В.Максаров, Р.В.Вьюшин<br>*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург* | **346** |
| **ВИРТУАЛЬНЫЕ ИЗМЕРИТЕЛИ АМПЛИТУДНО-ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК**<br>И.И. Сытько, В.Е. Махов<br>*Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург* | **350** |
| **ВИРТУАЛЬНЫЙ ПРИБОР ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРНЫХ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ ДЛЯ ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ ПЕРЕМЕННОГО ТОКА НА ОСНОВЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ LABVIEW И MATLAB SIMULINK**<br>П.В. Морозов<br>*НГТУ, Новосибирск* | **353** |
| **ГЕНЕРАТОР СИГНАЛОВ УЧЕБНОГО СТЕНДА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ЭЛЕКТРОНИКЕ**<br>Г. Л. Штрапенин, А.Н. Рябухин<br>*Уральский Государственный Университет Путей Сообщения (УрГУПС), г. Екатеринбург* | **356** |
| **ДВУХОСНЫЙ ГЕЛИОТРЕКЕР С ЭЛЕМЕНТАМИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИЙ NATIONAL INSTRUMENTS**<br>Н.О. Горшенин, Б.В. Рябошапко<br>*ЮФУ Институт высоких технологий и пьезотехники* | **359** |
| **ИЗМЕРЕНИЕ КРИВЫХ КОНТРАСТА ТЕНЕВОГО ИЗОБРАЖЕНИЯ**<br>В.Е.Махов[1], И.И. Сытько[2]<br>*1. Военно-космическая академия им. А.Ф. Можайского, Санкт-Петербург,*<br>*2. Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург* | **363** |
| **ИЗМЕРИТЕЛЬНАЯ СИСТЕМА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО СТЕНДА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СТАБИЛИЗИРОВАННОГО ТЕЧЕНИЯ В ТРУБЕ**<br>К.С. Егоров, Л.В. Степанова<br>*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва* | **366** |
| **ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ ТЕПЛОВОГО НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ**<br>А.Г. Дивин, А.А. Чуриков, А.Г. Филатова, Ю.А. Захаров<br>*ФГБОУ ВО «ТГТУ», г. Тамбов* | **369** |
| **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА NI ELVIS II ДЛЯ УГЛУБЛЕННОГО ИЗУЧЕНИЯ ЭЛЕКТРОНИКИ И СХЕМОТЕХНИКИ**<br>К.В. Монахова<br>*НИУ ВШЭ, г. Москва* | **372** |
| **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРОГРАММНЫХ СРЕД MULTISIM И LABVIEW ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПОЛЕВЫХ ТРАНЗИСТОРОВ**<br>Л.В. Ахметвалеева, Л.Г. Кулагина, Р.Ш. Гафутдинов, Р.Р. Гаязов<br>*ФГБОУ ВПО КГЭУ, г. Казань, Респ. Татарстан* | **375** |

| | |
|---|---|
| **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ NI ELVIS II ДЛЯ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ МОЩНОСТЬЮ СВЕТОДИОДНЫХ СВЕТИЛЬНИКОВ**<br>А.Т. Яруллин, М.В. Колистратов, А.А. Сивкова<br>*НИТУ «МИСиС», г. Москва* | **379** |
| **ИССЛЕДОВАНИЕ ЧАСТОТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТОВОЛОКОННОГО ДАТЧИКА ВИБРАЦИИ**<br>Шабров И.С., Сахабутдинов А.Ж., Нуреев И.И., Кузнецов А.А., Морозов О.Г.<br>*ФГБОУ ВПО Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань* | **382** |
| **ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ КОМПЛЕКС ОБРАБОТКИ АКУСТИКО-ЭМИССИОННЫХ СИГНАЛОВ**<br>М. И. Куценко<br>*ФГБОУ ВПО «Тихоокеанский государственный университет»* | **385** |
| **КОМПЕНСАЦИЯ ВЛИЯНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ В ОПТОВОЛОКОННЫХ ДАТЧИКАХ ВИБРАЦИИ**<br>Шабров И.С., Сахабутдинов А.Ж., Нуреев И.И., Кузнецов А.А., Морозов О.Г.<br>*ФГБОУ ВПО Казанский Национальный Исследовательский Технический Университет им. А.Н. Туполева – КАИ, г. Казань* | **387** |
| **КОМПЛЕКСНЫЙ ПРАКТИКУМ НА БАЗЕ ПРОГРАММ И АППАРАТУРЫ NATIONAL INSTRUMENTS – ОПЫТ ЛАБОРАТОРИИ ЭЛЕКТРОННОЙ ТЕМАТИКИ**<br>И. Р. Бучилко, Ю. Н. Новиков<br>*Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, СПб* | **390** |
| **ЛАБОРАТОРНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ХАРАКТЕРИСТИК ОПТИЧЕСКИХ НАНОСТРУКТУР**<br>К.И. Конов[1,2], М.В. Матвеева[1], Т.В. Сидорова[1], О.Е. Малинова[1]<br>*1. НИУ «Высшая школа экономики», г. Москва*<br>*2. МПГУ, г. Москва* | **393** |
| **МИНИ – ГИРОСКУТЕР НА ОСНОВЕ MYRIO - 1900**<br>Брыков Д.А, Арнст Ю.Ю., Чубиков А.М., Хмелёв В.А., Балсанов А.В., Шагдыров А.И.<br>*ФГАОУ ВО НИ ТПУ, г. Томск* | **396** |
| **ОБРАБОТКА РЕЗУЛЬТАТОВ МЕЖЛАБОРАТОРНЫХ ИСПЫТАНИЙ В СРЕДЕ LABVIEW**<br>Н. Н. Абелашвили[1], Н. Н. Абелашвили[2]<br>1. Грузинский Технический Университет, г. Тбилиси<br>2. Австрийское инженерное консультативное бюро “ILF beratende Ingenieure Gmbh” г. Тбилиси | **399** |
| **ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПАКЕТА SCILAB**<br>А.С. Бессонов<br>*МИРЭА, г. Москва* | **402** |
| **ОСОБЕННОСТИ ПРЕПОДАВАНИЯ РАДИОТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ИНТЕРАКТИВНОЙ СРЕДЕ NI Multisim и Elvis II+ КАК КОМПОНЕНТ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**<br>И.И. Поляков<br>*Государственное Бюджетное Профессиональное Образовательное Учреждение г. Москвы «Колледж связи №54» им. П.М.Вострухина, г. Москва* | **405** |
| **ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ В УСЛОВИЯХ БЛИЖНЕГО КОСМОСА – STRATOSAT**<br>А.А. Коломейцев<br>*ФГАОУ ВО НИ ТПУ, г. Томск* | **408** |
| **ПРАКТИЧЕСКАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ ДВУХ МЕТОДОВ РЕГИСТРАЦИИ НАНО ТОЛЩИН**<br>М.Г Азарян[1], А. Меликсетян[2]<br>*1.ЕГУ, Радиофизический факультет, Кафедра физики полупроводников и микроэлектроники, Армения, Ереван*<br>*2. НПУА Факультет Кибернетики, Кафедра Автоматизации и управления, Армения, Ереван* | **411** |
| **ПРЕОБРАЗОВАНИЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СИГНАЛОВ**<br>Г. В. Никонова, А.С. Фатеева<br>*ОмГТУ, г. Омск* | **418** |
| **ПРИБОР ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АУСКУЛЬТАЦИИ**<br>Р.М. Галаган, И.В. Рожанская<br>*НТУУ «КПИ», Украина, г. Киев* | **421** |
| **ПРОГРАММА МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА РАСПРОСТРАНЕНИЯ ВКЛЮЧЕННОГО СОСТОЯНИЯ ПОЛУПРОВОДНИКОВОЙ СТРУКТУРЫ СИЛОВОГО ТИРИСТОРА**<br>Н. Н. Беспалов, М. В. Ильин, А. П. Косолапов<br>*ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», Институт электроники и светотехники, кафедра электроники и наноэлектроники Республика Мордовия, г. Саранск* | **425** |
| **ПРОГРАММНО-АППАРАТНЫЙ КОМПЛЕКС СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ**<br>И.С. Лузянин[1], А.Б. Петроченков[1], А.В. Ромодин[1], В.К. Гладков[1,2], К.Ю. Суслов[1], Н.А. Черепанов[1]<br>*1. Пермский национальный исследовательский политехнический университет (ПНИПУ), г. Пермь*<br>*2.ООО «ЛУКОЙЛ-ПЕРМЬ», г. Пермь* | **428** |

| | |
|---|---|
| **РАСШИРЕНИЕ ДИАПАЗОНА ИЗМЕНЕНИЯ ТОКА ПРИ ИЗМЕРЕНИИ ВОЛЬТ-АМПЕРНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДИОДОВ С ПОМОЩЬЮ ИНТЕРФЕЙСА MYDAQ**<br>А. Я. Суранов<br>*Алтайский государственный университет* | **432** |
| **РЕАЛИЗАЦИЯ И ПРИМЕНЕНИЕ КОНКУРЕНТНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ В ЗАДАЧАХ КЛАССИФИКАЦИИ С ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА LABVIEW**<br>*Боровинских М.Д. , студент 3 курса направления «Автоматизация технологических процессов и производств»*<br>*Руководитель Полещенко Д. А., к.т.н., доцент, Старооскольский технологический институт им.А.А. Угарова* | **435** |
| **СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦИИ ИССЛЕДОВАНИЯ ХАОТИЧЕСКИХ ЦЕПЕЙ**<br>А. И. Каримов, И. А. Лизунова, А. А. Солдаткина, Е. Н. Попова, В. А. Бертыш<br>*СПбГЭТУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург* | **438** |
| **СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СТЕНДОВОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ МАЛОРАЗМЕРНЫХ ЦЕНТРОБЕЖНЫХ КОМПРЕССОРОВ**<br>Б.Б. Новицкий<br>*МГТУ им. Н.Э. Баумана, г. Москва* | **441** |
| **СИСТЕМА ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ И СБОРА ДАННЫХ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ ПРАКТИКУМОВ В РАМКАХ КОНЦЕПЦИИ ПРОМЫШЛЕННОГО ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ**<br>А.Р. Фахразеев, Г. П. Щербаков, А.Ю. Ролич, С.Г. Ефремов, Л.С. Восков<br>*Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», г. Москва* | **444** |
| **СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ФИЗИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ УСТРОЙСТВА РЕГУЛИРОВАНИЯ ПОТОКОВ МОЩНОСТИ**<br>Е.Н. Соснина, А.А. Асабин, И.В. Белянин, Е.В. Крюков<br>*Нижегородский государственный технический университет им. Р.Е. Алексеева, г. Нижний Новгород* | **447** |
| **СМЕННЫЙ МОДУЛЬ ДЛЯ АППАРАТНО-ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА NATIONAL INSTRUMENTS**<br>В.В. Алтухова, М.А. Логинов<br>*НИУ ВШЭ, г. Москва* | **449** |
| **СТЕНД НА ОСНОВЕ ОБОРУДОВАНИЯ NATIONAL INSTRUMENTS ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ОСНОВ ЦИФРОВОЙ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ**<br>В.А. Марфин, П.В. Некрасов<br>*АО "ЭНПО СПЭЛС" / ИЭПЭ НИЯУ МИФИ, г. Москва* | **452** |
| **ТЕЛЕМЕТРИЯ БОЛИДА ФОРМУЛА СТУДЕНТ НА БАЗЕ MYRIO-1900**<br>А.О. Грязнов,* Е.В. Бушмелев, М.В. Поротников, С.Н. Чепкасов, Г. А. Маркин, А.М. Козубский<br>*УрФУ, Студенческий клуб «Формула студент УрФУ», г. Екатеринбург* | **454** |
| **ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ НА ОСНОВЕ ДИНАМИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ**<br>В.В. Максаров, А.Е. Ефимов<br>*Санкт-Петербургский горный университет, Санкт-Петербург* | **457** |
| **УСКОРИТЕЛЬ УМНОЖЕНИЯ**<br>С.В. Попов<br>*ГБПОУ Колледж автоматизации и информационных технологий, г. Москва* | **460** |
| **УСТАНОВКА ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ЭФФЕКТА ДОПЛЕРА**<br>И.Р. Матущак, Д.М. Погребенко, И.В. Рожанская, А.А. Миргородский, С.В. Ходневич<br>*НТУУ «Киевский политехнический институт им. И. Сикорского»,Украина, г. Киев* | **463** |
| **УСТАНОВКИ-СИМУЛЯТОРЫ В ЛАБОРАТОРНОМ ПРАКТИКУМЕ ПО ЯДЕРНОЙ ФИЗИКЕ**<br>А.Н. Филанович, А.А. Повзнер<br>Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина, г. Екатеринбург | **465** |
| **LABVIEW КАК ТИПОВОЕ РЕШЕНИЕ В СТУДЕНЧЕСКИХ ПРОЕКТАХ ПО РАЗРАБОТКЕ ПЕРИФЕРИЙНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ БЫТОВОГО И МЕДИЦИНСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ**<br>П. И. Илбуть, С. С. Лешкевич, С. В. Лешкевич, В. А. Саечников<br>*Белорусский Государственный Университет, г. Минск* | **468** |




©2016 National Instruments. Todos los derechos reservados. CompactRIO, LabVIEW, National Instruments, NI, ni.com, NI CompactDAQ, NI-DAQ, NI FlexRIO, NI TestStand, and VirtualBench son marcas registradas de National Instruments. LEGO y el logotipo de LEGO son marcas registradas del Grupo LEGO. Los nombres de los otros productos y las razones sociales mencionados son marcas registradas o nombres comerciales de sus respectivas compañías. National Instruments Alliance Partner es una entidad independiente a National Instruments no tiene agencia, parentezco o vínculo con National Instruments. 27461