

УДК 621.38

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПАКЕТА ПРИКЛАДНЫХ ПРОГРАММ LABVIEW В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

ПОНОМАРЕВА Е. А.^{1*} *к.т.н., доц.*,
ПОНОМАРЕВ С. М.²,
АНИСИМОВ А. В.³,
ЗАСПЕНКО А. Е.⁴

^{1*} Кафедра Информационно-измерительных технологий и систем, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38(0562)47-08-98, e-mail: pricmech@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1254-4403

² Кафедра Информационно-измерительных технологий и систем, Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина, тел. +38(0562) 47-08-98

³ Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина

⁴ Государственное высшее учебное заведение "Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры", ул. Чернышевского, 24-а, 49600, Днепропетровск, Украина

Аннотация. *Цель.* Использование современных средств вычислительной техники позволяет нам моделировать практически любые технические процессы в электронном виде, тем самым экономя ресурсы и время на реализацию данных процессов. LabVIEW является идеальным программным средством для создания систем измерения, а также систем автоматизации управления на основе технологии виртуальных приборов. В работе исследуются возможности пакета прикладных программ LabVIEW для использования в учебном процессе при изучении дисциплин, связанных с цифровой обработкой сигналов, компьютерными измерениями и автоматизацией эксперимента. *Методика.* LabVIEW-программа в комплексе с такими аппаратными средствами, как встраиваемые в компьютер многоканальные измерительные аналого-цифровые платы, платы захвата и синхронизации видеоизображения для систем машинного зрения, платы управления движением и исполнительные механизмы, а также измерительные приборы, подключаемые к компьютеру через стандартные интерфейсы RS-232, RS-485, USB, GPIB, PXI, VXI позволяет разрабатывать системы измерения, контроля, диагностики и управления практически любой сложности. Решается задача построения виртуального прибора, преобразующего электрический сигнал датчика акселерометра в угловую меру с использованием LabVIEW. *Результаты.* Разработана структурная схема уравнения разложения ряда Фурье до пятой гармоники. Построен виртуальный прибор, который отражает угловое отклонение датчика в зависимости от показаний вольтметра. Представлено графическое отображение зависимости показаний вольтметра от угла отклонения акселерометра. *Научная новизна.* LabVIEW позволяет разрабатывать прикладное программное обеспечение для организации взаимодействия с измерительной и управляющей аппаратурой, сбора, обработки и отображения информации и результатов расчетов, а также моделирования как отдельных объектов, так и автоматизированных систем в целом. *Практическая значимость.* Использование LabVIEW в научных исследованиях, технических экспериментах, а также в учебном процессе позволяет значительно сократить материальные затраты и время на проведение эксперимента. Эффективность использования среды LabVIEW заключается в одновременном построении математической модели объекта, а также снабжении этой модели экспериментальными данными с помощью аппаратных средств ввода-вывода, сопряженных с реальным объектом. Приобретение навыков программирования в LabVIEW позволит студентам направления подготовки «Метрология и информационно-измерительные технологии» по окончании обучения максимально адаптироваться в профессиональной среде и иметь высокий рейтинг специалиста.

Ключевые слова: пакет прикладных программ LabVIEW; виртуальный прибор; акселерометр; учебный процесс; измерительная техника

ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ПАКЕТА ПРИКЛАДНИХ ПРОГРАМ LABVIEW У НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ

ПОНОМАРЬОВА О. А.^{1*} *к.т.н., доц.*,
ПОНОМАРЬОВ С. М.²,
АНИСИМОВ А. В.³,
ЗАСПЕНКО А. Є.⁴

^{1*} Кафедра інформаційно-вимірвальних технологій та систем, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-08-98, e-mail: pricmech@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1254-4403

² Кафедра інформаційно-вимірювальних технологій та систем, Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна, тел. +38 (0562) 47-08-98

³ Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна

⁴ Державний вищий навчальний заклад "Придніпровська державна академія будівництва та архітектури", вул. Чернишевського, 24-а, 49600, Дніпропетровськ, Україна

Анотація. Мета. Використання сучасних засобів обчислювальної техніки дозволяє нам моделювати практично будь-які технічні процеси в електронному вигляді, тим самим заощаджуючи ресурси й час на реалізацію даних процесів. LabVIEW є ідеальним програмним засобом для створення систем виміру, а також систем автоматизації керування на основі технології віртуальних приладів. У роботі досліджуються можливості пакета прикладних програм LabVIEW для використання в навчальному процесі при вивчення дисциплін, пов'язаних із цифровою обробкою сигналів, комп'ютерними вимірами й автоматизацією експерименту. **Методика.** LabVIEW- програма в комплексі з апаратними засобами, що вбудовуються в комп'ютер, такими як багатоканальні вимірювальні аналого-цифрові плати, плати синхронізації відеозображення для систем машинного зору, плати керування рухом і виконавчі механізми, а також вимірювальні прилади, що підключаються до комп'ютера через стандартні інтерфейси RS-232, RS-485, USB, GPIB, PXI, VXI дозволяє розробляти системи виміру, контролю, діагностики й керування практично будь-якої складності. Вирішується завдання побудови віртуального приладу, що перетворює електричний сигнал датчика акселерометра в кутову міру з використанням LabVIEW. **Результати.** Розроблена структурна схема рівняння розкладання ряду Фур'є до п'ятої гармоніки. Побудований віртуальний прилад, який відображує кутове відхилення датчика залежно від показань вольтметра. Представлене графічне відображення залежності показань вольтметра від кута відхилення акселерометра. **Наукова новизна.** LabVIEW дозволяє розробляти прикладне програмне забезпечення для організації взаємодії з вимірювальною й керуючою апаратурою, збору, обробки й відображення інформації й результатів розрахунків, а також моделювання як окремих об'єктів, так і автоматизованих систем у цілому. **Практична значимість.** Використання LabVIEW у наукових дослідженнях, технічних експериментах, а також у навчальному процесі дозволяє значно скоротити матеріальні витрати й час на проведення експерименту. Ефективність використання середовища LabVIEW полягає в одночасній побудові математичної моделі об'єкта, а також постачанні цієї моделі експериментальними даними за допомогою апаратних засобів введення-виводу, сполучених з реальним об'єктом. Придбання навичок програмування в LabVIEW дозволить студентам напряму підготовки «Метрологія та інформаційно-вимірювальні технології» по закінченню навчання максимально адаптуватися в професійному середовищі й мати високий рейтинг фахівця.

Ключові слова: пакет прикладних програм LabVIEW; віртуальний прилад; акселерометр; навчальний процес; вимірювальна техніка

USE OF POSSIBILITIES APPLICATION OF LABVIEW PACKAGE IN EDUCATIONAL PROCESS

PONOMARYOVA E. A.^{1*}, *Cand. Sc. (Tech.), PhD*,
 PONOMARYOV S. M.²,
 ANISIMOV A. V.³,
 ZASPENKO A. E.⁴

^{1*} Department of Informatively-measuring technologies and systems, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-08-98, e-mail: pricmech@mail.ru, ORCID ID: 0000-0003-1254-4403

² Department of Informatively-measuring technologies and systems, State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine, тел. +38 (0562) 47-08-98.

³ State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine.

⁴ State Higher Education Establishment "Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", 24-A, Chernishevskogo str., Dnipropetrovsk 49600, Ukraine.

Abstract. Purpose. Using modern computer technology allows us to simulate almost any technical processes electronically, thereby saving time and resources to implement these processes. LabVIEW is an ideal software tool for creating measurement systems and automation control systems based on the technology of virtual work devices. In the possibilities of the application package LabVIEW to use in educational process at studying of disciplines related to digital signal processing, computer measurement and automation of the experiment. **Methodology.** LabVIEW-program in combination with any hardware as embedded in the computer multi-channel measurement analog-to-digital boards, capture cards and synchronize video for machine vision systems, board motion control and actuators, as well as measuring devices connected to the computer via a standard RS -232, RS-485, USB, GPIB, PXI, VXI allows you to develop systems of measurement, monitoring, diagnostics and control of virtually any complexity. The problem of constructing a virtual device that converts an electrical signal of the accelerometer sensor in angular measure using

LabVIEW. **Findings.** The block diagram of the equations of the Fourier series expansion to the fifth harmonic. Built virtual instrument that reflects the angular deviation of the sensor according to the indications of the voltmeter. Is a graphical representation of the voltmeter readings depending on the angle of deflection of the accelerometer. **Originality.** LabVIEW can develop application software for interaction with the measurement and control instrumentation, acquisition, processing and display of information and the results of calculations and modeling of individual objects, and automated systems in general. **Practical value.** Using LabVIEW in scientific research, technological experiments, as well as in the educational process significantly reduces material costs and time to carry out the experiment. Efficiency of use of LabVIEW environment is the simultaneous construction of a mathematical model of the object, as well as the supply of the model experimental data using the hardware input-output, coupled with the real object. Skills programming in LabVIEW allows students to areas of training "Metrology and Information-Measuring Technologies" at the end of training as much as possible to adapt to the professional environment and have a high rating specialist.

Keywords: application of LabVIEW; virtual device; accelerometer; educational process; measuring technique

Введение

Еще совсем недавно для решения конкретных прикладных задач в определенной предметной области специалисты вынуждены были обращаться к помощи профессиональных программистов. Это, как правило, увеличивало материальные и временные издержки решения поставленной задачи. Но самое главное, приводило к ошибкам и искажениям исследования. Появление программных продуктов последнего поколения, которые адаптированы к профессиональным навыкам специалистов, позволило использовать их напрямую без помощи программистов. К таким программным продуктам относится и LabVIEW, который имеет мощные средства графического программирования.

Цель

Целью данной работы является исследование возможностей пакета прикладных программ LabVIEW для использования в учебном процессе при изучении дисциплин, связанных с цифровой обработкой сигналов, компьютерными измерениями и автоматизацией эксперимента.

Методика

LabVIEW является идеальным программным средством для создания систем измерения, а также систем автоматизации управления на основе технологии виртуальных приборов. LabVIEW – программа в комплексе с такими аппаратными средствами, как встраиваемые в компьютер многоканальные измерительные аналого-цифровые платы, платы захвата и синхронизации видеозображения для систем машинного зрения, платы управления движением и исполнительные механизмы, а также измерительные приборы, подключаемые к компьютеру через стандартные интерфейсы RS-232, RS-485, USB, GPIB, PXI, VXI позволяет разрабатывать системы измерения, контроля, диагностики и управления практически любой сложности [4].

Сегодня существует достаточно много книг по LabVIEW, которые написаны в основном зарубежными авторами. По содержанию основная

часть известных книг по LabVIEW предназначена для пользователей, желающих использовать LabVIEW главным образом как средство программирования [5, 7, 8, 11]. Другая часть книг посвящена применению LabVIEW в рамках инструментария, используемого в лабораторном практикуме или для автоматизации физических исследований [1, 2, 3, 4, 6, 9, 10].

Рассмотрим задачу построения виртуального прибора, преобразующего электрический сигнал датчика акселерометра в угловую меру в LabVIEW.

Создадим одномерный массив из 360 значений с шагом 1. Для этого на лицевой панели открываем правой кнопкой мыши панель приборов, выбираем пункт Modern, далее Array and Matrix, выбираем одномерный массив – Array и выносим его на лицевую панель. Чтобы наш массив был задающим на структурной схеме, необходимо добавить в него задающий прибор, перетянув из меню Numeric Ctrl's любой из задающих приборов на область массива. Ниже приведен пример массива.

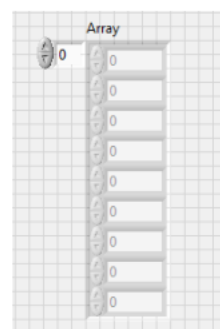


Рис. 1. Пример массива / Example of array

Следующим шагом будет занесение в массив 360-ти значений с шагом в 1 градус. Вручную вносить эти значения будет не практично, поэтому мы занесем их в массив с помощью цикла. Панель циклов находится в том же подменю, что и массивы, но уже на панели блок-схемы и называется Structures, далее выбираем элемент For Loop, выносим его на панель. Ко входу n подсоединим константу со значением 360, а к выходу i (счетчик) подключим наш массив. Теперь при включении схемы с помощью цикла в массив будут занесены 360 значений. Это будут значения угла отклонения.

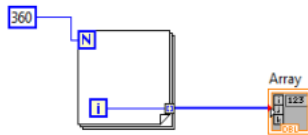


Рис. 2. Занесение значений в массив / Adding of values to the array

После занесения значений в массив необходимо придать ему константный характер для того, чтобы значения не были удалены из массива после выключения схемы. Чтобы сделать массив константным необходимо на панели блок-схем нажать на массиве правой кнопкой мыши и выбрать пункт Change to Constant.

Теперь необходимо на выход массива добавить преобразование из градусов в радианы, так как тригонометрические функции в LabVIEW принимают в расчет только значения радиан. Для этого воспользуемся обычной формулой перевода градусов в радианы. Добавим ее на схему, используя простейшие математические операторы.



Рис. 3. Преобразование углов в радианы / Transformation of corners to the radians

Далее, воспользовавшись гармоническим анализом, запишем формулу ряда Фурье, используя коэффициенты, полученные экспериментальным путем.

$$y = 0,184 - 0,28659\cos(x) + 6,0062\sin(x) - 0,0059208\cos(2x) + 0,00066\sin(2x) + 0,00520996\cos(3x) - 0,0375\sin(3x) + 0,0014295\cos(4x) + 0,002113\sin(4x) + 0,00131932\cos(5x) - 0,01095\sin(5x) \quad (1)$$

Для реализации данного ряда Фурье до пятой гармоники используем тригонометрические функции и простейшие математические операторы из меню Mathematics. Ниже приведено изображение с частью структурной схемы ряда Фурье.

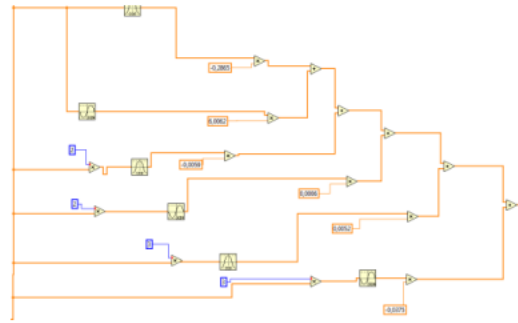


Рис. 4. Блок-схема ряда Фурье / Flow-chart of row of Fourier

После того как была создана блок-схема уравнения, необходимо проверить правильность подключений всех элементов схемы. Для этого необходимо на выход схемы добавить массив, в который будут выводиться 360 показаний вольтметра. Запускаем схему, видим показания в массиве, сравниваем их с расчетными. Все показания совпадают, следовательно, разложение ряда Фурье до пятой гармоники верно создано в среде LabVIEW.

Следующим шагом является создание виртуального прибора, который будет отображать угловое отклонение акселерометра в зависимости от выходного значения вольтметра. Для этого необходимо отключить от блок-схемы массив вывода данных и подключить вместо него такую функцию работы с массивом, которая будет выводить индекс необходимого нам элемента массива. Данная функция находится в подменю Programming на панели блок-схемы, далее пункт Array и выбираем функцию Search 1D Array.

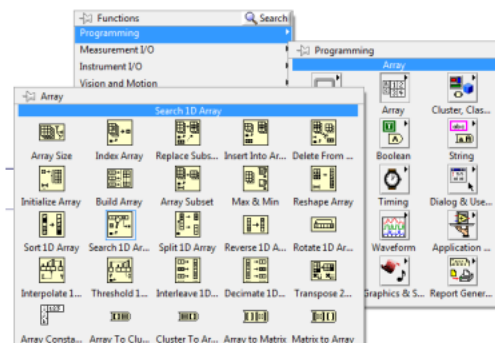


Рис. 5. Функция вывода индекса элемента массива / Function of output index of array cell

Подключаем вывод блок-схемы ко входу на функции 1D Array. Сюда будет поступать массив из показаний в вольтах. На вход Element подключаем задающий цифровой прибор, через него мы будем запрашивать необходимый нам элемент массива. Назовем прибор «Вольты». Ко входу Start index подключаем константу 0, чтобы поиск элемента массива начинался с нулевого индекса. Данную функцию вводим, чтобы индексы массива с показаниями вольтов соответствовали показаниям угла отклонения в градусах, а при выводе индекса необходимого элемента будет отображаться соответствующий угол.

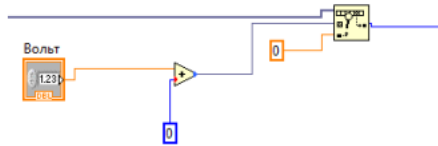


Рис. 6. Подключенная функция Search ID Array / Connected function Search ID Array

Ноль суммируется с заданным элементом для того, чтобы введенный элемент имел точное значение без округления. Для этого нажимаем на операторе суммы правой кнопкой мыши и переходим в параметры (Properties) и во вкладке Output Configuration выбираем тип данных Fixed Point. Теперь из оператора сложения будет выходить точное значение без округления. Те же самые действия проводим с элементом разности на выходе уравнения.

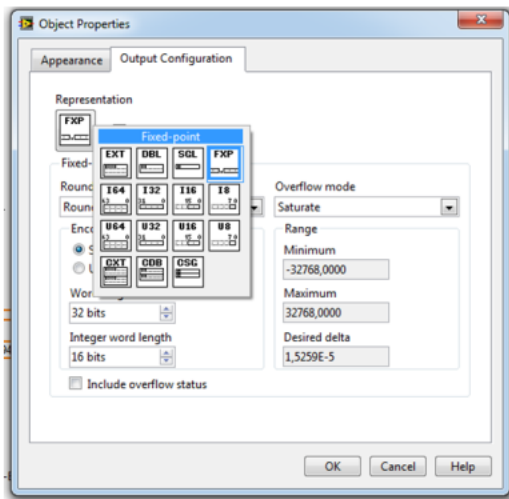


Рис. 7. Задание типа данных с фиксированной точностью / Task of type of data with the fixed exactness

На выводе функции поиска элемента подключаем обычный индицирующий прибор, который будет отображать индекс элемента массива. Назовем его «Индекс». Теперь можно запускать схему и проверять ее работоспособность. Для этого на задающем приборе «Вольт» вводим необходимое показание вольтметра, запускаем схему и можем наблюдать угол отклонения на индицирующем приборе «Градусы». Сверив показания с экспериментальными данными можем сделать вывод, что данная модель работает правильно, отображая угол отклонения, соответствующий показаниям вольтметра.

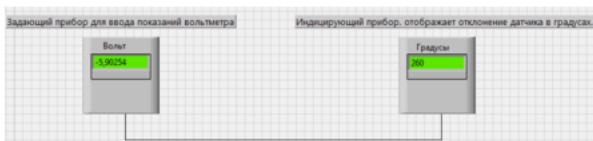


Рис. 8. Прибор в действии / Device in operations

Для наглядного отображения зависимости показаний вольт и градусов подключим к схеме

графический индикатор (график). Для этого на лицевой панели открываем вкладку Graph Indicator и выбираем XY Graphic. Переходим на панель блок-схемы и подключаем вход X к массиву с показаниями градусов от 0 до 360, а вход Y подключаем к массиву с показаниями вольт. Зайдя в параметры графика, переименуем его оси в соответствии с данными: Вольт и Градусы. Ниже приведено изображение с подключением графика.

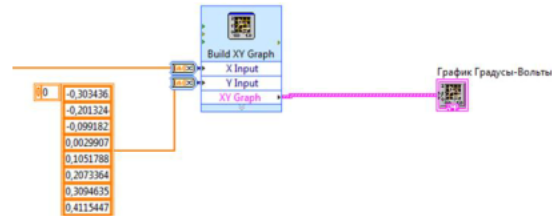


Рис. 9. Подключение XY Graphic к блок-схеме / Connecting XY Graphic to the flow-chart

Теперь можно запустить схему и наблюдать графическое отображение зависимости между показаниями вольтметра и показаниями датчика в градусах.

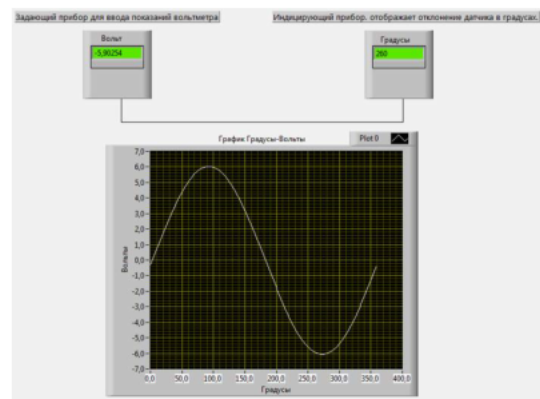


Рис. 10. Конечный вид виртуального прибора / Eventual type of virtual device

Результаты

Разработана структурная схема уравнения разложения ряда Фурье до пятой гармоники. Построен виртуальный прибор, который отражает угловое отклонение датчика в зависимости от показаний вольтметра. Представлено графическое отображение зависимости показаний вольтметра от угла отклонения акселерометра.

Научная новизна и практическая значимость

Использование современных средств вычислительной техники позволяет нам моделировать практически любые технические процессы в электронном виде, тем самым экономя ресурсы и время на реализацию данных процессов.

LabVIEW позволяет разрабатывать прикладное программное обеспечение для организации взаимодействия с измерительной и управляющей

аппаратурой, сбора, обработки и отображения информации и результатов расчетов, а также моделирования, как отдельных объектов, так и автоматизированных систем в целом.

Выводы

1. Использование LabVIEW в научных исследованиях, технических экспериментах, а также в учебном процессе позволяет значительно сократить материальные затраты и время на проведение эксперимента.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ/ REFERENCES

1. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW / П. А. Бутырин, Т. А. Васильковская, В. В. Каратаев, С. В. Материкин. – Москва : ДМК Пресс, 2005. – 264с.
Butyrin P.A., Vaskovskaya T.A., Karataev V.V., Materikin S.V. *Avtomatizatsiya fizicheskikh issledovaniy i eksperimenta: kompyuternye izmereniya i virtualnye pribory na osnove LabVIEW* [Automation of physical research and experiment computer measurement and virtual instruments based on LabVIEW]. – Moscow, DMK Press Publ., 2005. 264 p.
2. Батоврин, В. К. LabVIEW: практикум по электронике и микропроцессорной технике / В. К. Батоврин, А. С. Бессонов, В. В. Мошкин. – Москва : ДМК Пресс, 2005. – 182 с.
Batovrin V.K., Bessonov A.S., Moshkin V.V. *LabVIEW : praktikum po elektronike i mikroprotsessornoy tekhnike* [LabVIEW: A workshop on electronics and microprocessor technology]. Moscow, DMK Press Publ., 2005. 182 p.
3. Демирчан, К. С. Использование виртуальных инструментов LabVIEW / К. С. Демирчан, В. Г. Миронов. – Москва : Солон-Р, 1999. – 268 с.
Demirchan K.S., Mironov V.G. *Ispolzovanie virtualnykh instrumentov LabVIEW* [Using LabVIEW virtual instruments]. Moscow, Solon-R Publ., 1999. 268 p.
4. Евдокимов, Ю. К. LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора / Ю. К. Евдокимов, В. Р. Линваль, Г. И. Щербаков. – Москва : ДМК Пресс, 2007. – 400 с.
Evdokimov Yu.K., Linval V.R., Shcherbakov G.I. *LabVIEW dlya radioinzhenera: ot virtualnoy modeli do realnogo pribora* [LabVIEW to radio engineer from the virtual model to the real device]. Moscow, DMK Press Publ., 2007, 400 p.
5. LabVIEW описание и возможности [Электронный ресурс] / National instruments – Режим доступа: <http://www.ni.com/labview/why/>. – Загл. с экрана. – Проверено : 26.11.2015.
LabVIEW opisaniye i vozmozhnosti (LabVIEW description and possibilities). Available at: <http://www.ni.com/labview/why/> (Accessed 26 November 2015).
6. LabVIEW : практикум по основам измерительных технологий : Учебное пособие для вузов / В. К. Батоврин, 2. Эффективность использования среды LabVIEW заключается в одновременном построении математической модели объекта, а также снабжении этой модели экспериментальными данными с помощью аппаратных средств ввода-вывода, сопряженных с реальным объектом.
7. Манонина, И. В. Применение программы LabVIEW для изучения вопросов поверки измерительных приборов / И. В. Манонина // Т – Comm – Телекоммуникации и Транспорт. – 2012. – т. 50, № 8. – С. 50 – 52.
Manonina I.V. *Primeneniye programmy LabVIEW dlya izucheniya voprosov poverki izmeritelnykh priborov* [Application of the program LabVIEW to explore the issues of verification of measuring instruments]. *T – Comm – Telekommunikatsii i Transport* – T – Comm *Telecommunications Services*, 2012, vol. 50, no. 8, pp. 50 – 52.
8. Пейч, Л. И. LabVIEW для новичков и специалистов / Л. И. Пейч, Д. А. Точилин, Б. П. Поллак. – Москва : Горячая линия – Телеком, 2004. – 384 с.
Peich L., Tochilin D., Pollak B. *LabVIEW dlya novichkov i spetsialistov* [LabVIEW for beginners and professionals]. – Moscow, Garyachayaliniya– Telekom Publ., 2004. 384 p.
9. Построение графиков LabVIEW по мере получения данных [Электронный ресурс] / National instruments – Режим доступа: <http://www.labviewportal.ru/viewtopic.php?f=106&t=1597/>. – Загл. с экрана. – Проверено : 26.11.2015.
Postroeniye grafikov LabVIEW po mere polucheniya dannykh (Plotting LabVIEW as data is received). Available at: <http://www.labviewportal.ru/viewtopic.php?f=106&t=1597/> (Accessed 26 November 2015).
10. Суранова, А. Я. LabVIEW 7 : справочник по функциям / А. Я. Суранова. – Москва : ДМК Пресс, 2005. – 512 с.
Suranova A.Ya. *LabVIEW 7 : spravochnik po funktsiyam* [LabVIEW 7: Function Reference]. Moscow, DMK Press Publ., 2005. 512 p.
11. Lurie, B. J. Asymptotically Globaly Stable Multiwindow Controllers / B. J. Lurie, A. Ahmed, F. Y. Hadaegh // AIAA Conf. on Guidance, Navigationand Control. – New Orlean. – 2000. – Aug. – 8 p.
B. J. Lurie, A. Ahmed, F. Y. Hadaegh: *Asymptotically Globaly Stable Multiwindow Controllers*. AIAA Conf. on Guidance, Navigationand Control, New Orlean, 2000, 8 p.