

# LabVIEW для радиоинженера

В данной книге возможности LabVIEW как среды программирования демонстрируются на примерах в области цифровой обработки сигналов, радиоэлектроники, компьютерных измерений и автоматизации эксперимента, электродинамики и распространения радиоволн. Большая часть примеров в книге строится по принципу «от простого к сложному», показавшему свою эффективность на курсах изучения LabVIEW.

Книга рекомендуется для студентов радиотехнических и телекоммуникационных специальностей вузов, а также может быть полезна инженерам и научным работникам.

На прилагаемом к книге компакт-диске размещены виртуальные лабораторные работы, а также демонстрационная версия LabVIEW 8.2. Также программы виртуальных приборов можно найти на сайте Центра дистанционных автоматизированных учебных лабораторий КГТУ им. А.Н.Туполева [www.kai.ru/univer/labview](http://www.kai.ru/univer/labview)



**Евдокимов Юрий Кириллович** – профессор, заведующий кафедрой радиоэлектроники и информационно-измерительной техники Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, директор Центра дистанционных автоматизированных учебных лабораторий. Область научных интересов: молекулярная электроника, информационно-измерительные системы, датчики и распределенные измерительные среды, дистанционные технологии. Автор более 150 научных работ, среди которых 23 патента на изобретения.



**Щербаков Геннадий Иванович** - директор Института радиоэлектроники и телекоммуникаций Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева, заведующий кафедрой радиоэлектронных и телекоммуникационных систем, профессор. Область научных интересов: антенные системы СВЧ, оптимизация параметров телекоммуникационных систем с применением геоинформационных технологий. Автор более 160 научных работ.



**Линдваль Владимир Романович** - профессор кафедры радиоэлектронных и телекоммуникационных систем Казанского государственного технического университета им. А.Н. Туполева. Область научных интересов: электродинамика, распространение радиоволн, антенные системы СВЧ, электромагнитная экология, геоинформационные системы. Автор более 180 научных работ.

Internet-магазин: [www.abook.ru](http://www.abook.ru)

Книга – почтой:

Россия, 123242, Москва, а/я 20  
e-mail: [post@abook.ru](mailto:post@abook.ru)

Оптовая продажа: «Альянс-книга»

Тел./факс: (495) 258-9195

e-mail: [abook@abook.ru](mailto:abook@abook.ru)



ISBN 5-94074-346-3



9 785940 743460

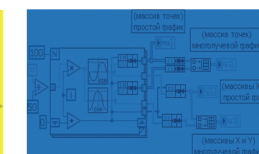
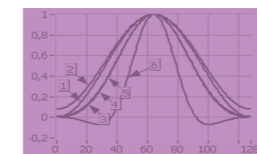
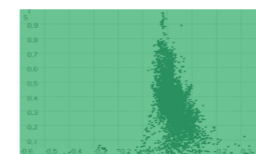
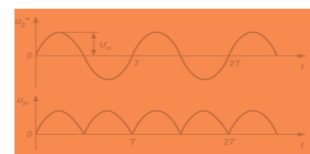
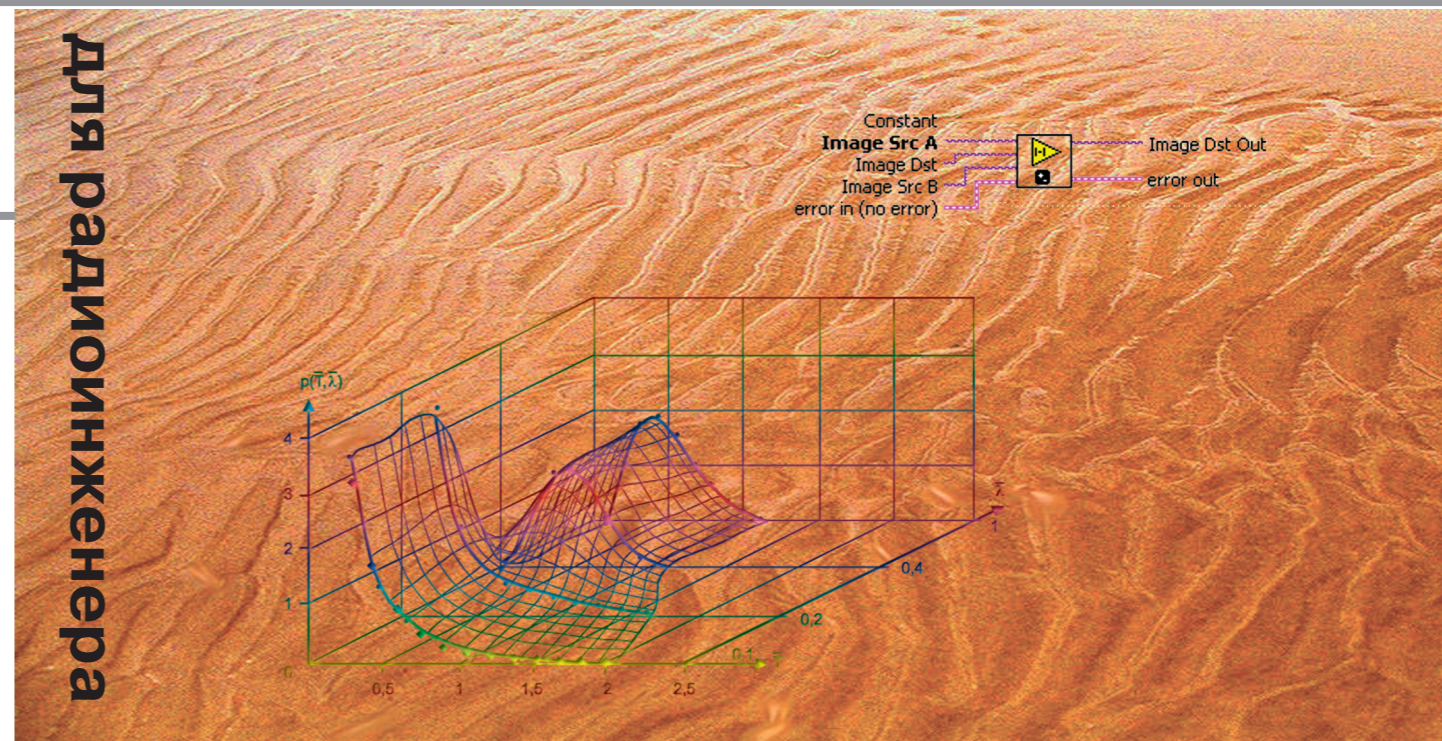


# LabVIEW

## для радиоинженера:

от виртуальной модели  
до реального прибора

для радиоинженера



Прилагается компакт-диск



Евдокимов Ю. К.  
Линдваль В. Р.  
Щербаков Г. И.

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**

*Рекомендовано УМО по образованию в области телекоммуникаций  
в качестве учебного пособия для студентов высших учебных заведений,  
обучающихся по специальностям 201200 (210402) – Средства связи  
с подвижными объектами, 201800 (210403) – Защищенные системы связи,  
201100 (210405) – Радиосвязь, радиовещание и телевидение*



Москва

**УДК 621.38**  
**ББК 32.973.26-108.2**  
**E15**

**Евдокимов Ю. К., Линдваль В. Р., Щербаков Г. И.**

**E15** LabVIEW для радиоинженера: от виртуальной модели до реального прибора. – М.: ДМК Пресс. – 400 с.

**ISBN 5-94074-346-3**

В данной книге возможности LabVIEW как среды программирования демонстрируются на примерах в области цифровой обработки сигналов, радиоэлектроники, компьютерных измерений и автоматизации эксперимента, электродинамики и распространения радиоволн. Большая часть примеров в книге строится по принципу «от простого к сложному», показавшему свою эффективность на курсах изучения LabVIEW.

К книге прилагается компакт-диск, на котором размещены виртуальные лабораторные работы, а также демонстрационная версия LabVIEW 8.

Книга рекомендуется для студентов радиотехнических и телекоммуникационных специальностей вузов, а также может быть полезна инженерам и научным работникам.

**УДК 621.38**  
**ББК 32.973.26-108.2**

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Материал, изложенный в данной книге, многократно проверен. Но поскольку вероятность технических ошибок все равно существует, издательство не может гарантировать абсолютную точность и правильность приводимых сведений. В связи с этим издательство не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги.

ISBN 5-94074-346-3

© Евдокимов Ю. К., Линдваль В. Р.,  
 Щербаков Г. И.  
 © Оформление, ДМК Пресс



<b>Введение .....</b>	<b>11</b>
-----------------------	-----------

## ▼ 1

<b>Работа в среде LabVIEW .....</b>	<b>15</b>
1.1. Общий взгляд на программную среду LabVIEW .....	14
1.2. Программная среда LabVIEW. Краткий обзор модулей и библиотек LabVIEW .....	16
1.3. Создание виртуального прибора .....	18
1.3.1. Запуск LabVIEW и открытие нового ВП .....	19
1.3.2. Создание лицевой панели виртуального прибора .....	20
1.3.3. Создание блок-схемы виртуального прибора .....	24
1.4. Пример создания виртуального прибора – анализатора спектра сигналов .....	30
1.5. Дополнительные сведения для работы в среде LabVIEW на примере анализатора спектра .....	35
1.5.1. Помощь в среде LabVIEW .....	35
1.5.2. Создание иконки ВП и формирование соединительной панели ...	36
1.6. Структуры и управление циклическими операциями .....	38
1.7. Создание ВП с использованием структур и узла формул .....	39
1.8. Математические операторы узла формул .....	44
1.9. Универсальные константы .....	45

1.10. Массивы и кластеры .....	46
1.11. Отображение и графика .....	49

## ▼ 2

### **Цифровая обработка и генерация сигналов в среде LabVIEW ..... 51**

2.1. Основные сведения о корреляционной и спектральной обработке сигналов.....	51
2.2. Предварительные оценки основных параметров спектрального и корреляционного анализа случайных сигналов .....	55
2.3. Основные функции обработки сигналов во временной области .....	57
2.4. Основные функции цифровой обработки сигналов в частотной области.....	61
2.5. Фильтрация сигналов .....	69
2.6. Основные функции генерации сигналов .....	74
2.7. Основные функции статистической обработки сигналов .....	80
2.8. Основные функции оконной обработки сигналов .....	83
2.9. Краткий обзор основных математических функций .....	86
2.10. О дополнительных функциях обработки сигналов.....	88

## ▼ 3

### **Автоматизация процессов измерения, контроля и управления.**

#### **Аппаратные и программные средства ввода-вывода данных ..... 89**

3.1. Автоматизация. Основные определения и термины .....	89
3.2. Ввод аналоговых сигналов в измерительных системах .....	92
3.2.1. Датчики измерительных систем и устройства согласования .....	93
3.2.2. Измерительные коммутаторы .....	96
3.2.3. Аналого-цифровые и цифро-аналоговые преобразователи .....	97
3.3. Оценка системных параметров многоканальных измерительных систем .....	99

3.4. Микропроцессорное управление. Контроллеры .....	102
3.4.1. Процессы управления. Микропроцессорное управление .....	102
3.4.2. Типовые законы управления .....	104
3.4.3. Контроллеры. Регулирующие микропроцессорные контроллеры .....	106
3.5. Обзор устройств и систем ввода-вывода фирмы National Instruments .....	107
3.5.1. Системы согласования сигналов SCXI и SCC .....	108
3.5.2. Многофункциональные платы и устройства для сбора данных ....	108
3.5.3. Модульные измерительные системы стандарта PXI .....	111
3.5.4. Система распределенного ввода-вывода и промышленного управления FieldPoint .....	112
3.5.5. Реконфигурируемая контрольно-измерительная система CompactRIO .....	112
3.6. Пример создания измерительной системы на основе устройства сбора данных USB 6008 .....	113
3.7. Статистическое моделирование ИИС .....	119
3.7.1. Математическое моделирование .....	120
3.7.2. Статистическое моделирование. Метод Монте-Карло .....	121
3.7.3. Алгоритм статистического моделирования по методу Монте-Карло .....	122
3.7.4. Способы получения случайных чисел с заданной плотностью вероятности .....	123
3.7.5. Оценка точности моделирования методом Монте-Карло .....	125
3.7.6. Статистическое моделирование ИИС .....	130
3.7.7. Статистическое моделирование ИИС в среде LabVIEW .....	135

## ▼ 4

### **Дистанционный учебный и научный эксперимент с использованием LabVIEW .....**

143

4.1. Технология виртуальных приборов и роль дистанционных технологий обучения в техническом вузе.....	142
--	-----

4.2. Дистанционная автоматизированная учебная лаборатория .....	144
4.2.1. Принципы построения и структура системы дистанционного измерения и управления учебным экспериментом .....	145
4.2.2. Организация передачи данных .....	151
4.2.3. Дистанционная лаборатория по радиоэлектронике. Программное обеспечение .....	152
4.2.4. Программное обеспечение Distant Lab 1.0 .....	154
4.2.5. Редактор LabWork Environment .....	163
4.3. Система дистанционного измерения и сбора измерительно-диагностической информации для научно-технического эксперимента .....	170
4.3.1. Общая структура системы .....	171
4.3.2. Измерительная часть автоматизированной системы дистанционных измерений .....	171
4.3.5. Программное обеспечение для сбора и обработки измерительной информации .....	182
4.4. Экспериментальное исследование и статистическая модель динамики дистанционного управления .....	185
4.4.1. Динамика дистанционного управления .....	186
4.4.2. Методика экспериментального исследования динамики СДУ ....	187
4.4.3. Результаты экспериментов .....	189
4.4.4. Статистическая модель динамики СДУ .....	194

## ▼ 5

<b>Виртуальный практикум в лаборатории электродинамики .....</b>	<b>197</b>
5.1. Плоские электромагнитные волны .....	197
5.1.1. Цель работы .....	197
5.1.2. Краткие теоретические сведения .....	198
5.1.3. Создание лабораторной установки .....	203
5.1.4. Порядок выполнения лабораторных исследований .....	211
5.1.5. Контрольные вопросы .....	212

5.2. Поляризация электромагнитной волны .....	212
5.2.1. Цель работы .....	213
5.2.2. Краткие теоретические сведения .....	213
5.2.3. Создание лабораторной установки .....	218
5.2.4. Порядок выполнения лабораторных исследований .....	231
5.2.5. Контрольные вопросы .....	233
5.3. Отражение и преломление плоской волны при нормальном падении .....	233
5.3.1. Цель работы .....	233
5.3.2. Краткие теоретические сведения .....	233
5.3.3. Создание лабораторной установки .....	236
5.3.4. Порядок выполнения лабораторных исследований .....	246
5.3.5. Контрольные вопросы .....	247
5.4. Элементарные излучатели радиоволн .....	247
5.4.1. Цель работы .....	248
5.4.2. Краткие теоретические сведения .....	248
5.4.3. Создание лабораторной установки .....	259
5.4.4. Порядок выполнения лабораторных исследований .....	266
5.4.5. Контрольные вопросы .....	267

## ▼ 6

<b>Виртуальный практикум в лаборатории распространения радиоволн .....</b>	<b>269</b>
6.1. Распространение радиоволн в свободном пространстве .....	268
6.1.1. Цель работы .....	268
6.1.2. Краткие теоретические сведения .....	269
6.1.3. Создание лабораторной установки .....	272
6.1.4. Порядок выполнения лабораторных исследований .....	282
6.1.5. Контрольные вопросы .....	284
6.2. Зоны Френеля. Существенная зона распространения радиоволны .....	285

6.2.1. Цель работы .....	285
6.2.2. Краткие теоретические сведения .....	285
6.2.3. Создание лабораторной установки .....	290
6.2.4. Порядок выполнения лабораторных исследований .....	303
6.2.5. Контрольные вопросы .....	304
6.3. Распространение радиоволн вблизи поверхности Земли .....	305
6.3.1. Цель работы .....	305
6.3.2. Краткие теоретические сведения .....	305
6.3.3. Создание лабораторной установки .....	310
6.3.4. Порядок выполнения лабораторных исследований .....	327
6.3.5. Контрольные вопросы .....	329
6.4. Распространение радиоволн в тропосфере .....	329
6.4.1. Цель работы .....	329
6.4.2. Краткие теоретические сведения .....	330
6.4.3. Создание лабораторной установки .....	332
6.4.4. Порядок выполнения лабораторных исследований .....	339
6.4.5. Контрольные вопросы .....	341
6.5. Распространение радиоволн в ионосфере .....	341
6.5.1. Цель работы .....	341
6.5.2. Краткие теоретические сведения .....	341
6.5.3. Создание лабораторной установки .....	348
6.5.4. Порядок выполнения лабораторных исследований .....	362
6.5.5. Контрольные вопросы .....	364

## ▼ 7

<b>Научные исследования и эксперимент в среде LabVIEW .....</b>	<b>364</b>
7.1. Фрактальная геометрия в измерительных и телекоммуникационных системах .....	365
7.1.1. Фракталы и размерность фрактала .....	366
7.1.2. Расчет фрактальной размерности совокупности множества точек .....	368