



# Содержание

<b>Введение</b> .....	13
Автоматизация физических исследований и эксперимента .....	13
LabVIEW .....	14
Сведения о коллективе авторов пособия .....	14
Содержание пособия .....	15
Благодарности .....	16
<b>Лекция 1. Общие сведения</b>	
<b>о программно-инструментальной среде LabVIEW</b> .....	17
Введение .....	17
Вход в среду LabVIEW .....	17
Создание нового виртуального прибора .....	18
Главное меню .....	19
Палитра инструментов .....	19
Лицевая панель .....	20
Палитра элементов лицевой панели .....	20
Инструментальная панель лицевой панели .....	22
Блок-диаграмма .....	23
Палитра функций блок-диаграммы .....	23
Инструментальная панель блок-диаграммы .....	24
Пример 1.1 .....	24
Поиск объектов на палитрах Controls и Functions .....	25
Контекстное меню .....	26
Выводы .....	26

**Лекция 2. Выполнение арифметических действий**

<b>в среде LabVIEW</b> .....	27
Пример 2.1 .....	27
Пример 2.2 .....	28
Задача 2.1 .....	28
Редактирование ВП .....	29
Создание объектов .....	29
Выделение объектов .....	29
Перемещение объектов .....	30
Удаление объектов .....	30
Отмена и восстановление действий .....	30
Копирование объектов .....	30
Метки объектов .....	30
Выделение и удаление проводников данных .....	31
Автомасштабирование проводников данных .....	31
Разорванные проводники данных .....	32
Редактирование текста (изменение шрифта, стиля и размера) ...	32
Изменение размеров объектов .....	32
Выравнивание и распределение объектов в пространстве .....	33
Установка порядка размещения объектов, объединение объектов в группу и закрепление местоположения объектов на рабочем пространстве лицевой панели .....	33
Приведение нескольких объектов к одному размеру .....	34
Копирование объектов между ВП или между другими приложениями .....	34
Окрашивание объектов .....	34
Выводы .....	34

**Лекция 3. Решение линейных алгебраических уравнений**

<b>в среде LabVIEW</b> .....	35
Пример 3.1. Определение токов в цепи с использованием формульного узла .....	35
Пример 3.2. Решение алгебраических уравнений в матричной форме .....	36
Дополнение. Матричные операции в среде LabVIEW .....	38
Выводы .....	40

<b>Лекция 4. Моделирование и измерение переменных напряжений и токов в среде LabVIEW</b> .....	41
Моделирование синусоидальных токов и напряжений .....	41
Пример 4.1 .....	42
Пример 4.2 .....	42
Пример 4.3 .....	44
Пример 4.4 .....	45
Выводы .....	46
<b>Лекция 5. Численное решение обыкновенных дифференциальных уравнений в среде LabVIEW</b> .....	47
Расчетные алгоритмы .....	47
Пример 5.1 .....	48
Пример 5.2 .....	50
Выводы .....	50
<b>Лекция 6. Массивы</b> .....	51
Создание массива элементов управления и индикации .....	51
Двумерные массивы .....	53
Математические функции (полиморфизм) .....	54
Основные функции работы с массивами .....	54
Автоматическое масштабирование функций работы с массивами .....	56
Дополнительные функции работы с массивами .....	56
Функции для работы с массивами логических переменных .....	57
Выводы .....	57
<b>Лекция 7. Структуры</b> .....	58
Цикл с фиксированным числом итераций (For) .....	59
Автоматическая индексация .....	60
Пример 7.1. Автоиндексация .....	60
Пример 7.2. Окружность .....	60
Индексация нескольких массивов в одном цикле .....	61
Организация доступа к значениям предыдущих итераций цикла .....	62
Сдвиговый регистр (Shift Register) .....	62
Пример 7.3. Сдвиговый регистр .....	62
Стек сдвиговых регистров .....	63
Пример 7.4. Стек сдвиговых регистров .....	63

---

Узел обратной связи .....	64
Выводы .....	64
<b>Лекция 8. Логические элементы управления и индикации .....</b>	<b>65</b>
Механическое действие (Mechanical Action) .....	65
Логические функции .....	66
Цикл по условию (While) .....	68
Доступ к значениям предыдущих итераций цикла .....	68
Автоиндексирование в цикле по условию .....	68
Пример. 8.1. Цикл While .....	69
Задание 8.1. Решение нелинейного уравнения .....	69
Выводы .....	72
<b>Лекция 9. Структура выбора (Case) .....</b>	<b>73</b>
Задание 9.1. Ввод пароля .....	74
Задание 9.2. Калькулятор .....	75
Структура последовательности (Sequence) .....	77
Структура открытой последовательности (Flat Sequence Structure) .....	77
Задание 9.3. Время выполнения программы .....	77
Структура многослойной последовательности (Stacked Sequence Structure) .....	78
Выводы .....	79
<b>Лекция 10. Структура обработки данных события (Event) .....</b>	<b>80</b>
Пример 10.1. Обработка события закрытия ВП .....	85
Задание 10.2. Секундомер .....	86
Выводы .....	87
<b>Лекция 11. Кластеры .....</b>	<b>88</b>
Создание кластеров из элементов управления и индикации .....	88
Порядок элементов в кластере .....	89
Создание кластера констант .....	90
Функции работы с кластерами .....	90
Сборка кластеров .....	90
Разделение кластера .....	92
Пример 11.1. Масштабирование кластера (рис.11.7) .....	92
Преобразование кластера в массив .....	93
Пример 11.2. Преобразования массива в кластер и наоборот .....	93

Кластеры ошибок .....	93
Обработка ошибок .....	94
Кластеры ошибок .....	95
Объяснение ошибки .....	95
Использование цикла пока (While) при обработке ошибок .....	96
Использование структуры варианта (Case) при обработке ошибок .....	96
Выводы .....	96
<b>Лекция 12. Графическое представление данных .....</b>	<b>97</b>
График диаграмм .....	97
Соединение графиков .....	97
График осциллограмм и двухкоординатный график осциллограмм .....	99
Одиночный график осциллограмм .....	100
График множества осциллограмм .....	100
Пример 12.1. График множества осциллограмм .....	100
Одиночные двухкоординатные графики осциллограмм .....	102
Двухкоординатные графики множества осциллограмм .....	102
Графики интенсивности .....	102
Настройки графиков и таблиц интенсивности .....	103
Выводы .....	104
<b>Лекция 13. Виртуальные подприборы (SubVI) .....</b>	<b>105</b>
Создание и настройка ВПП .....	105
Редактирование иконки (Edit Icon) .....	106
Привязка полей ввода/вывода данных к элементам лицевой панели .....	108
Использование подпрограмм ВП .....	109
Редактирование подпрограммы ВП .....	109
Установка значимости полей ввода/вывода данных: обязательные, рекомендуемые и дополнительные (не обязательные) .....	109
Создание ВПП из секции блок-диаграммы .....	110
Использование единиц измерения .....	110
Пример 13.7. Использование размерностей .....	112
Выводы .....	113
<b>Лекция 14. Строки .....</b>	<b>114</b>
Создание строковых элементов управления и индикации .....	114

---

Функции работы со строками .....	115
Преобразование строк в числовые данные .....	117
Таблицы .....	118
Задание 14.1. Сортировка таблицы .....	118
Выводы .....	120
<b>Лекция 15. Функции работы с файлами .....</b>	<b>121</b>
Основы файлового ввода/вывода .....	121
Функции файлового ввода/вывода низкого уровня .....	122
Сохранение данных в новом или уже существующем файле .....	123
Пример 15.1. Запись строки в файл .....	123
Форматирование строк таблицы символов .....	124
Пример 15.2. Создание файла с таблицей .....	124
Функции файлового ввода/вывода высокого уровня .....	125
Экспресс ВП .....	126
Выводы .....	127
<b>Лекция 16. Дополнительные приемы программирования:</b>	
<b>Экспресс ВП, создание собственного меню .....</b>	<b>128</b>
Экспресс ВП .....	128
Пример 16.1. Экспресс-ВП Build Text Express VI .....	129
Динамический тип данных (Dynamic Data Type) .....	130
Преобразование экспресс-ВП в подпрограмму ВП .....	131
Создание собственного меню .....	132
Задание 16.1. Добавление пункта меню «About» .....	132
Выводы .....	134
<b>Лекция 17. Дополнительные приемы программирования:</b>	
<b>формирование отчетов, изменение внешнего вида объектов</b>	
<b>лицевой панели, менеджер библиотек .....</b>	<b>135</b>
Формирование отчетов .....	135
Задание 17.1. Формирование отчета .....	135
Изменение внешнего вида элементов	
управления и индикации .....	137
Окно редактирования внешнего вида элементов	
лицевой панели .....	137
Режим настройки .....	138

Режим редактирования .....	139
Определение типа .....	140
Диалоговое окно VI Library Manager .....	140
Выводы .....	142
<b>Лекция 18. Сбор данных .....</b>	<b>143</b>
DAQ-устройства .....	143
Назначение DAQ-устройств .....	143
Составление измерительных систем на базе компьютера и DAQ-устройства .....	144
Роль программного обеспечения .....	145
Настройка измерительных устройств .....	146
Measurement & Automation Explorer .....	146
Классические драйверы .....	148
DAQmx-драйверы .....	151
Частота дискретизации (отсчетов) .....	151
Подмена частот (при недостаточно высокой частоте дискретизации сигнала) .....	152
Выводы .....	152
<b>Лекция 19. Сбор данных на базе традиционного NI-DAQ.</b>	
<b>Тип данных осциллограмма .....</b>	<b>153</b>
Тип данных осциллограмма (waveform) .....	153
Аналоговый ввод реального сигнала .....	155
Простые функции аналогового ввода .....	155
Пример 19.1. Простейший анализатор спектра .....	156
Улучшенный аналоговый ввод .....	157
Пример 19.2. Непрерывный аналоговый ввод с использованием буфера .....	157
Выводы .....	158
<b>Лекция 20. Запуск сбора данных. Использование DAQmx .....</b>	<b>159</b>
Включение (triggering) .....	159
Использование DAQmx .....	161
Задание 20.1. Измерение переменного напряжения с помощью экспресс-ВП DAQmx Assistant .....	161
Задание 20.2. Измерение переменного напряжения с помощью функций палитры DAQmx – Data Acquisition .....	165

---

Задание 20.3. Измерение переменного напряжения с запуском по уровню и наклону сигнала .....	166
Выводы .....	166
<b>Лекция 21. Аналоговый вывод сигнала .....</b>	<b>167</b>
Реальные нелинейные элементы в виртуальных схемах .....	168
Задание 21.1. Исследование работы выпрямителя .....	169
Пример 21.2. Исследование работы выпрямителя в реальном времени .....	172
Выводы .....	174
<b>Лекция 22. NI ELVIS .....</b>	<b>175</b>
DAQ-устройство .....	176
Настольная станция NI ELVIS .....	176
Монтажная панель NI ELVIS .....	178
Задание 22.1. Полосовой фильтр .....	183
Выводы .....	184
<b>Лекция 23. Программное обеспечение NI ELVIS .....</b>	<b>195</b>
Модуль запуска виртуальных приборов – Instrument Launcher .....	195
Цифровой мультиметр – Digital Multimeter (DMM) .....	186
Оциллограф – Oscilloscope (Scope) .....	187
Генератор функций – Function Generator (FGEN) .....	187
Регулируемые источники питания – Variable Power Supplies .....	188
Частотно-фазовый анализатор – Bode Analyzer .....	188
Задание 23.1. Снятие АЧХ и ФЧХ .....	188
Анализатор динамических сигналов – Dynamic Signal Analyzer .....	189
Задание 23.2. Анализ динамических сигналов .....	190
Генератор сигналов произвольной формы – Arbitrary Waveform Generation .....	191
Задание 23.3. Генерация сигнала произвольной формы .....	192
Цифровое считывающее и записывающее устройство – Digital Reader и Digital Writer .....	192
Задание 23.4. Цифровой ввод-вывод .....	192
Анализатор входного сопротивления – Impedance Analyzer .....	192
Двухпроводный вольтамперный анализатор – Two-Wire Current-Voltage Analyzer .....	192



Трехпроводный вольтамперный анализатор – Three-Wire Current-Voltage Analyzer .....	194
Выводы .....	195
<b>Лекция 24. Обработка изображений .....</b>	<b>196</b>
Представление графики в LabVIEW .....	196
Холст, кисти и краски .....	197
Задание 24.1. Создание рисунка .....	198
Подписи к рисункам .....	200
Операции с графическими данными .....	202
Пример 24.1. Титры .....	202
Создание собственных элементов индикации .....	203
Пример 24.2. Элемент индикации в виде рисунка .....	203
Выводы .....	205
<b>Лекция 25. Работа в сети .....</b>	<b>206</b>
Web-сервер .....	206
Инструмент Web Publishing .....	209
Доступ к Web-серверу .....	213
Удаленная панель .....	216
Выводы .....	216
<b>Лекция 26. Технология DataSocket .....</b>	<b>217</b>
Использование DataSocket на лицевой панели .....	219
Использование DataSocket на блок-диаграмме .....	221
Функции DataSocket .....	221
Пример 26.1. Использование функции DataSocket Write .....	221
Пример 26.2. Использование DataSocket Read .....	222
Буферирование данных .....	222
Задание 26.1. Буферирование данных .....	222
Тип данных вариант .....	224
Задание 26.2. Добавление к измеренным данным отметки времени .....	224
Задание 26.3. Получение измеренных данных и отметок времени .....	225
Выводы .....	226
<b>Лекция 27. Разработка больших проектов .....</b>	<b>227</b>
Иерархия виртуальных приборов .....	227

---

Инструмент сравнения проектов .....	230
Сравнение двух виртуальных приборов .....	230
Сравнение двух иерархий .....	232
Выводы .....	234
<b>Лекция 28. Производительность и управление памятью.</b>	
<b>Контроль за исходным кодом .....</b>	<b>235</b>
Некоторые советы по увеличению производительности .....	237
Инструмент VI Metrics .....	239
Выводы .....	241
<b>Лекция 29. Обеспечение готовых проектов LabVIEW</b>	
<b>документацией .....</b>	<b>242</b>
Окно VI History .....	243
Страница Documentation Properties .....	245
Окно Description and Tip .....	247
Распечатка ВП с помощью инструмента Print VI .....	247
Выводы .....	253
<b>Лекция 30. Создание автономно выполняемого приложения</b>	
<b>при помощи инструмента Application Builder .....</b>	<b>255</b>
Вкладка файлов приложения (Target) .....	255
Вкладка исходных файлов (Source Files) .....	256
Вкладка настройки ВП (VI Setting) .....	257
Вкладка настроек приложения (Application Settings) .....	258
Вкладка настроек инсталлятора (Installer Settings) .....	259
Выводы .....	261
<b>Литература .....</b>	<b>262</b>
<b>Типы данных LabVIEW .....</b>	<b>263</b>



# Введение

## Автоматизация физических исследований и эксперимента

Компьютер для массового пользователя – это эффективный инструмент делопроизводства, выполнения математических расчетов и финансовых операций, средство обучения, получения и передачи информации, а также проведения досуга. Его возможности как инструмента управления и измерения менее известны, хотя история создания и развития вычислительной техники напрямую связана именно с этими возможностями.

Прообраз современной вычислительной машины был разработан в середине XIX века Чарльзом Бэббеджем для управления ткацким производством – наиболее технологичным производством того времени. Создание в середине XX века электронной вычислительной техники и последующее ее совершенствование во многом обуславливалось необходимостью автоматизации высокотехнологичных производств, космических и ядерных исследований, военной техники. Вопросы измерения параметров физических процессов и последующего управления последними были в центре внимания таких разработок. Появлялась специализированная вычислительная техника для решения этих вопросов, проводилась ее стандартизация и унификация. Так, в 70-х годах XX века для ядерной физики и атомной техники была разработана и получила затем более широкое распространение информационно-измерительная система КАМАК, позволяющая автоматизировать измерения параметров различных физических процессов и управления ими.

В начале XXI века проблемы автоматизации измерений параметров физических процессов становятся насущными не только для перечисленных высоких сфер, но практически для всех областей жизнедеятельности человека. Оставив в стороне инженерные и научные области, рассмотрим проблемы автоматизации измерений на примере быта. Современное жилье европейца и американца оснащено тепло-, электро-, водо- и газоснабжением и массой потребителей этих ресурсов. Номенклатура только используемых в жилищах передовых стран электроприемников

достигает полусотни. В этой связи возникает необходимость контроля за расходом перечисленных ресурсов, качеством их параметров, а также необходимость рационального управления их потреблением. Надвигающиеся ресурсный и энергетический кризисы сделают подобные задачи актуальными практически для каждой семьи, и решаться они должны наиболее эффективным образом. Привлекает внимание возможность решения этих задач с использованием персонального компьютера как инструмента измерения, анализа данных и управления, уже имеющегося в большинстве семей развитых стран. В этой связи актуальным становится распространение знаний о возможности использования компьютера как элемента автоматизации физических исследований и эксперимента, трактуя последние в самом широком смысле. Один из наиболее перспективных путей реализации этой возможности дает использование среды программирования LabVIEW.

## LabVIEW

Среда разработки лабораторных виртуальных приборов LabVIEW (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) представляет собой среду прикладного графического программирования, используемую в качестве стандартного инструмента для проведения измерений, анализа их данных и последующего управления приборами и исследуемыми объектами. LabVIEW может использоваться на компьютерах с операционными системами Windows, MacOS, Linux, Solaris и HP-UX. Компьютер, оснащенный измерительно-управляющей аппаратной частью и LabVIEW, позволяет полностью автоматизировать процесс физических исследований. Создание любой программы для достижения этих целей (виртуального прибора) в графической среде LabVIEW отличается большой простотой, поскольку исключает множество синтаксических деталей.

Особо следует отметить динамику развития LabVIEW. Первая его версия была создана в 1986 году компанией National Instruments в результате поисков путей сокращения времени программирования измерительных приборов. Версии LabVIEW с второй по седьмую проявлялись в 1990, 1992, 1993, 1996, 2000 и 2003 годах. Каждая последующая существенно расширяла возможности предыдущей версии и прежде всего по обмену данных с измерительными приборами и работе с другими программными продуктами.

Сфера применимости LabVIEW также непрерывно расширяется. В образовании она включает лабораторные практикумы по электротехнике, механике, физике. В фундаментальной науке LabVIEW используют такие передовые центры как CERN (в Европе), Lawrence Livermore, Batelle, Sandia, Oak Ridge (США), в инженерной практике – объекты космические, воздушного, надводного и подводного флота, промышленные предприятия и т.д.

## Сведения о коллективе авторов книги

Настоящее издание разработано коллективом сотрудников кафедры Теоретических основ электротехники (ТОЭ) Московского энергетического института (МЭИ).

Содержание пособия и форма изложения материала в значительной мере основываются на опыте преподавания LabVIEW, накопленном сотрудниками кафедры ТОЭ МЭИ. Работы по изучению и преподаванию LabVIEW на этой кафедре были развернуты академиком РАН Камо Сероповичем Демирчяном в середине 90-х годов и в настоящее время играют большую роль в жизни кафедры. Авторский коллектив выражает глубокую признательность академику К. С. Демирчяну за проявленную настойчивость в привлечении сотрудников кафедры к этой работе в прошлом и большое внимание к созданию данного пособия в настоящем.

На кафедре ТОЭ МЭИ с 2000 года работает учебно-научная лаборатория «Виртуальные приборы электротехники» с 18 рабочими местами, оснащенными аппаратно-программным комплексом LabVIEW. Ежегодно в этой лаборатории около 400 студентов энергетического и электротехнического институтов (факультетов) МЭИ под руководством сотрудников кафедры изучают основы LabVIEW. Сотрудниками кафедры выпущено несколько книг по LabVIEW и его использованию в практике преподавания электротехнических дисциплин.

## Содержание книги

Книга состоит из 30 глав, названных лекциями. Эти главы содержат как информацию о тех или иных возможностях LabVIEW, так и практические задания, выполнение которых необходимо для овладения этим прикладным инструментом исследования физических процессов и управления ими. Материал каждой главы рассчитан на одно занятие за компьютером и может быть использован как при обучении группы студентов преподавателем, так и при самообучении студента. Для большей доступности курса большинство практических заданий ограничивается в издании исследованием чисто виртуальных объектов, что не требует приобретения специальной материальной части (аналогово-цифровых преобразователей и т.д.). Здесь следует заметить, что в LabVIEW при исследовании виртуальных и реальных объектов используется один и тот же подход, а богатые графические возможности создают иллюзию реальности при работе с чисто виртуальными объектами. Последнее обстоятельство делает эту систему особо привлекательной для создания разнообразных тренажеров, учебных лабораторий и т.д.

Тот факт, что авторы данной книги – электротехники, наложил некоторый отпечаток на ее содержание в прикладной части, где большая часть примеров связана с исследованием электромагнитных процессов, что в целом, надеемся, не сузило круг возможных пользователей книги.

Материал книги условно можно разделить на три части. В первой из них (лекции 1–17) даются основные сведения о среде LabVIEW и ее возможностях, а также об исследовании виртуальных объектов при помощи математического моделирования. Вторая часть (лекции 18–23) посвящена построению виртуальных приборов для проведения измерений в реальных физических устройствах, в частности, дано описание лабораторной установки ELVIS, разработанной корпорацией National Instruments. В третьей части (лекции 24–30) описывается техника и методика составления больших проектов в среде LabVIEW.

## Благодарности

Для написания данной книги корпорация National Instruments (США) любезно предоставила авторам лабораторную установку ELVIS и дала разрешение использовать фрагменты книги «LabVIEW™ 7 Express. Базовый курс 1», за что коллектив авторов выражает глубокую благодарность корпорации. Авторы благодарят регионального менеджера корпорации А. Салатяна (США) и менеджера по развитию NI в РФ А.В. Спиридонова за многолетнее плодотворное сотрудничество, внимание к данной работе и помощь в ее проведении. Авторы признательны менеджеру образовательных программ корпорации NI П.М. Михееву за оперативное разрешение организационных проблем, возникавших в ходе работы над книгой. Мы благодарны рецензентам проф. В. Г. Миронову и доц. А. И. Евсееву за ценные замечания и рекомендации. Мы благодарим также генерального директора издательства «Приборкомплект» А. И. Ушакова, финансового директора Д. А. Мовчана и их сотрудников за усилия по скорейшему выходу книги в свет.

Работа поддерживалась грантом Президента РФ НШ-1511.2003.8.

# Лекция 1

## Общие сведения о программно-инструментальной среде LabVIEW

*В первой лекции рассматриваются основные элементы LabVIEW, дается краткое представление о приборах, инструментах и функциональных возможностях программы.*

### Введение

LabVIEW – среда разработки прикладных программ, в которой используется язык графического программирования G и не требуется написания текстов программ. Среда LabVIEW дает огромные возможности как для вычислительных работ, так и – главным образом – для построения приборов, позволяющих проводить измерения физических величин в реальных установках, лабораторных или промышленных, и осуществлять управление этими установками.

Программа, написанная в среде LabVIEW, называется виртуальным прибором (ВП) (VI – virtual instrument). Внешнее графическое представление и функции ВП имитируют работу реальных физических приборов. LabVIEW содержит полный набор приборов для сбора, анализа, представления и хранения данных. Источником кода виртуального инструмента служит блок-схема программируемой задачи.

Программная реализация виртуальных приборов использует в своей работе принципы иерархичности и модульности. Виртуальный прибор, содержащийся в составе другого виртуального прибора, называется прибором-подпрограммой (SubVI).

### Вход в среду LabVIEW

При запуске LabVIEW появляется диалоговое окно (рис. 1.1). В верхней части окна находится панель меню со стандартными пунктами: **File**, **Edit** (редактирование), **Tools** (инструменты), **Help** (помощь). В правой части – набор кнопок:

- Кнопка **New** – создание нового ВП. Стрелка рядом с кнопкой используется для открытия пустого ВП или открытия диалогового окна.

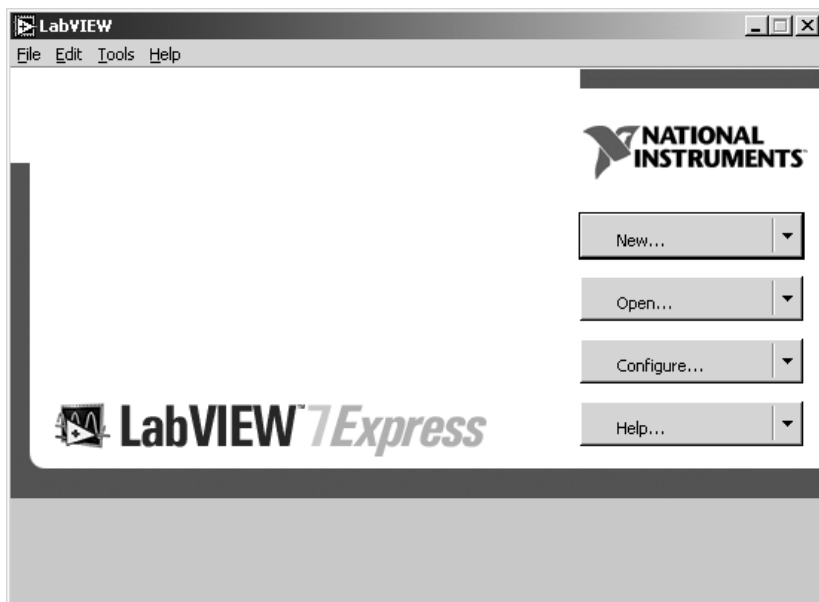


Рис. 1.1

- Кнопка **Open** – открытие созданного ранее ВП. Стрелка рядом с кнопкой предназначена для открытия недавно использовавшегося ВП.
- Кнопка **Configure** – настройка устройств DAQ. Стрелка рядом с кнопкой – конфигурация LabVIEW.
- Кнопка **Help** – запуск *LabVIEW Help* (встроенной помощи). Стрелка рядом с кнопкой – для выбора опций помощи.

## Создание нового виртуального прибора

При нажатии кнопки **New** открывается окно **Create New** (создать новый ВП), где расположено меню, из которого можно выбрать либо пустые окна ВП (Blanc VI), либо окна с различными шаблонами (VI from Templates). Выберем пустые окна ВП (Blanc VI), и нажмем кнопку **OK**. На экране появляются две совмещенные панели, расположенные каскадом. Одна из них – лицевая панель (Front Panel) – имеет серый цвет рабочего пространства, другая – панель блок-диаграмм (Block Diagram) – белый цвет. Для разворачивания панелей на левую и правую половины экрана нужно нажать на клавиатуре одновременно **Ctrl+T**. Панели можно развернуть также нажатием **Windows** в верхней части панели и затем **The Left and Right**. (Выбрав **The Up and Down**, можно развернуть панели на верхнюю и нижнюю половины экрана). Каждая из этих панелей может быть развернута на весь экран нажатием кнопки с изображением прямоугольника в верхнем правом углу панели. Возврат к двум панелям осуществляется нажатием той же кнопки с изображением сдвоенных прямоугольников.



## Главное меню

Главное меню в верхней части окна ВП содержит пункты общие с другими приложениями, такие как **Open, Save, Copy, Paste**, а также специфические пункты меню LabVIEW. Некоторые из них содержат сведения о «горячих» клавишах вызова этих пунктов. (**MacOS**) Меню появляется в верхней части экрана.

**Внимание.** Во время выполнения ВП некоторые пункты главного меню недоступны.

- Пункт меню **File** используется для открытия, закрытия, сохранения и печати ВП.
- Пункт меню **Edit** используется для поиска и внесения изменений в компоненты ВП.
- Пункт меню **Operate** используется для запуска, прерывания выполнения и изменения других опций ВП.
- Пункт меню **Tools** используется для связи с приборами и **DAQ** устройствами, сравнения ВП, формирования приложений и конфигурации LabVIEW.
- Пункт меню **Browse** используется для перемещения по ВП и его иерархии.
- Пункт меню **Window** используется для отображения окон LabVIEW и палитр.
- Пункт меню **Help** используется для получения информации о палитрах, меню, инструментах, ВП и функциях, для получения пошаговой инструкции использования LabVIEW и информации о компьютерной памяти.

## Палитра инструментов

Создавать, редактировать и отлаживать ВП можно с помощью **Tools Palette** (Палитры инструментов). Термин инструмент подразумевает специальный операционный режим курсора мыши. При выборе определенного инструмента значок курсора изменяется на значок данного инструмента. Палитра инструментов вызывается через пункт главного меню **Window** ⇒ **Show Tools Palette**. Палитру инструментов можно размещать в любой области рабочего пространства блок-диаграммы и лицевой панели. Вид палитры инструментов показан на рис. 1.2.



Рис. 1.2




**Примечание.** Удерживая нажатой клавишу **Shift** и щелкнув правой клавишей мыши, можно вывести на экран временную версию **Tools Palette** (Палитры Инструментов).




Если включен автоматический выбор инструмента, то при наведении курсора на объект лицевой панели или блок-диаграммы автоматически выбирается соответствующий инструмент из палитры **Tools** (Инструментов). Автоматический выбор инструментов включается нажатием на кнопку **Automatic Tool Selection** палитры **Tools** (Инструментов) или нажатием клавиш **Shift+Tab**.




Инструмент **УПРАВЛЕНИЕ** используется для изменения значения элементов управления или ввода текста. При наведении курсора на такой элемент как строковый элемент управления, значок инструмента меняется: 



Инструмент ПЕРЕМЕЩЕНИЕ используется для выбора, перемещения или изменения размеров объектов. При наведении инструмента на объект изменяемого размера значок инструмента меняется: 



Инструмент ВВОД ТЕКСТА используется для редактирования текста и создания свободных меток. При создании свободных меток значок инструмента меняется: 



Инструмент СОЕДИНЕНИЕ создает проводники данных, соединяя объекты на блок-диаграмме.



Инструмент ВЫЗОВ КОНТЕКСТНОГО МЕНЮ вызывает контекстное меню соответствующего объекта по щелчку левой кнопки мыши.



Инструмент БЫСТРАЯ ПРОКРУТКА ЭКРАНА используется для просмотра окна без использования полосы прокрутки.



Инструмент ВВОД КОНТРОЛЬНОЙ ТОЧКИ позволяет расставлять контрольные точки на ВП, функциях, узлах, проводниках данных, структурах и приостанавливать в них выполнение программы.



Инструмент УСТАНОВКА ОТЛАДОЧНЫХ ИНДИКАТОРОВ дает возможность исследовать поток данных в проводниках блок-диаграммы. Используется для просмотра промежуточных значений при наличии сомнительных или неожиданных результатов работы ВП.



Инструмент КОПИРОВАНИЕ ЦВЕТА предназначен для копирования цвета с последующей вставкой с помощью инструмента РАСКРАШИВАНИЕ.



Инструмент РАСКРАШИВАНИЕ позволяет изменить цвет объекта. Он также отображает текущий передний план и параметры настройки цвета фона.

Если автоматический выбор инструмента выключен, можно менять инструменты палитры **Tools** (Инструментов) с помощью клавиши **Tab**. Для переключения между инструментом ПЕРЕМЕЩЕНИЕ и СОЕДИНЕНИЕ на блок-диаграмме или между инструментом ПЕРЕМЕЩЕНИЕ и УПРАВЛЕНИЕ на лицевой панели – достаточно нажать пробел.

## Лицевая панель

Лицевая (передняя) панель имитирует панель реального физического прибора. На ней располагаются управляющие и измерительные элементы виртуального прибора.

Пример лицевой панели представлен на рис. 1.3.

## Палитра элементов лицевой панели

Лицевая панель создается с использованием палитры элементов под общим названием **Controls**, которая вызывается нажатием правой клавиши мыши на свободное поле лицевой панели (либо можно выбрать в пункте главного меню **Window** ⇒ ⇒ **Show Controls Palette**). Эти элементы могут быть либо средствами ввода данных – элементами собственно управления (**Controls**), либо средствами отображения данных – элементами отображения (**Indicators**).

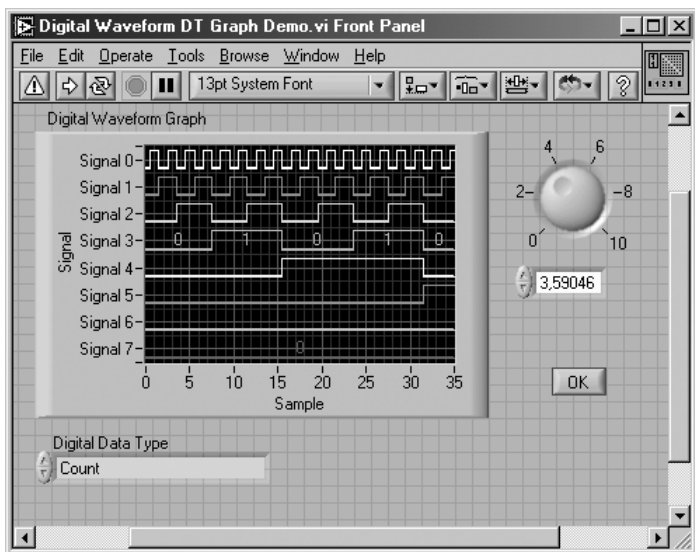


Рис. 1.3

По умолчанию палитра элементов появляется в экспресс-виде (рис. 1.4) и содержит лишь наиболее часто используемые элементы.

Выбранный элемент выделяется инструментом «перемещение» («стрелка») и выводится на лицевую панель.

Для получения полной палитры используется кнопка **All Controls**, находящаяся в правом нижнем углу. Такая палитра показана на рис. 1.5.

Данные, вводимые на лицевой панели ВП, поступают на блок-диаграмму, где ВП производит с ними необходимые операции. Результат вычислений передается на элементы отображения информации на лицевой панели ВП.

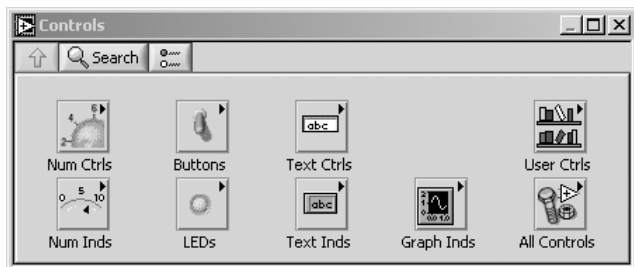


Рис. 1.4



Рис. 1.5

## Инструментальная панель лицевой панели

Инструментальная панель (рис. 1.6) используется для запуска и редактирования ВП.



Рис. 1.6



Кнопка запуска **Run** – запускает ВП



Во время работы ВП кнопка **Run** меняет свой вид, как показано слева, если этот виртуальный прибор высокого уровня.



Если ВП работает в качестве подпрограммы, то кнопка **Run** выглядит, как показано слева.



Кнопка **Run** выглядит в виде «сломанной» стрелки, как показано слева, во время создания или редактирования ВП. В таком виде кнопка показывает, что ВП не может быть запущен на выполнение. После нажатия этой кнопки появляется окно **Error list**, в котором перечислены допущенные ошибки.



Кнопка непрерывного запуска **Run Continuously** – ВП выполняется до момента принудительной остановки.



Во время выполнения ВП появляется кнопка **Abort Execution**. Эта кнопка используется для немедленной остановки выполнения ВП.

**Примечание.** По возможности следует избегать использования кнопки **Abort Execution** для остановки ВП. Следует позволить ВП закончить передачу данных или выполнить остановку программным способом, гарантируя остановку ВП в определенном состоянии. Например, можно установить на лицевой панели кнопку, по нажатию которой ВП останавливается.



Кнопка **Pause** приостанавливает выполнение ВП. После нажатия кнопки **Pause** LabVIEW подсвечивает на блок-диаграмме место остановки выполнения. Повторное нажатие – продолжение работы ВП.



**Text Settings** – выпадающее меню установок текста, включая размер, стиль и цвет.



В меню **Align Objects** производится выравнивание объектов по осям (по вертикали, по осям и т.д.).



В меню **Distribute Objects** производится выравнивание объектов в пространстве (промежутки, сжатие и т.д.).



В меню **Resize Objects** производится приведение к одному размеру многократно используемых объектов лицевой панели.



Меню **Reorder** используется при работе с несколькими объектами, которые накладываются друг на друга. Выделив один из объектов с помощью инструмента ПЕРЕМЕЩЕНИЕ, в меню **Reorder** следует выбрать его порядок отображения на лицевой панели.



Кнопка **Context Help** выводит на экран окно **Context Help** (контекстной справки)

## Блок-диаграмма

После помещения элементов **Управления** или **Отображения** данных на Лицевую панель, они получают свое графическое отображение на блок-диаграмме. Объекты блок-диаграммы включают графическое отображение элементов лицевой панели, операторов, функций, подпрограмм ВП, констант, структур и проводников данных, по которым производится передача данных между объектами блок-диаграммы.

## Палитра функций блок-диаграммы

Палитра **функций** (рис. 1.7) используется для создания блок-диаграммы. Она доступна только в окне блок-диаграмм. Чтобы отобразить палитру **функций**, следует либо выбрать в пункте главного меню **Window Ю Show Functions Palette**, либо щелкнуть правой кнопкой мыши в рабочем пространстве блок-диаграммы. Используя кнопку в верхнем левом углу палитры, можно зафиксировать ее на экране. По умолчанию палитра **функций** появляется в экспресс-виде и отображает экспресс-ВП. Экспресс-ВП — узлы функций, которые можно настраивать с помощью диалогового окна. Они используются для выполнения стандартных измерений при минимальных соединениях.

Для получения полной палитры используется кнопка **All Functions**, находящаяся в правом нижнем углу. Такая палитра показана на рис. 1.8.



Полную палитру функций можно получить также при нажатии кнопки **Options** (опции), показанной слева. При этом отображается стра-

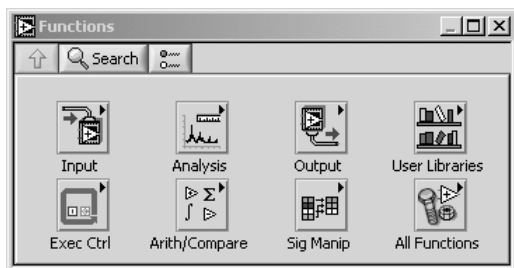


Рис. 1.7



Рис. 1.8

ница **Controls/Functions Palettes** диалогового окна **Options**. Следует заменить **Palette View** на **Advanced**.

### Инструментальная панель блок-диаграммы

При запуске ВП на блок-диаграмме появляется показанная на рис. 1.9 инструментальная панель:



Кнопка **Highlight Execution** предназначена для просмотра потока данных через блок-диаграмму (режим отладки). Повторное нажатие кнопки отключает этот режим.



Кнопка **Step Into** используется при пошаговом выполнении цикла от узла к узлу, подпрограммы ВП и т.д. При этом узел мигает, обозначая готовность к выполнению.



Кнопка **Step Over** позволяет пропустить в пошаговом режиме цикл, подпрограмму и т.д.



Кнопка **Step Out** позволяет выйти из цикла, подпрограммы и т.д.



Рис. 1.9

Выход из узла предполагает завершение выполнения этого узла в пошаговом режиме и переход в следующий.



Кнопка **Warning** появляется, когда есть потенциальная проблема с блок-диаграммой, но она не запрещает выполнение ВП. Кнопку **Warning** можно активизировать, войдя в пункт главного меню **Инструменты**, далее – **Опции, Отладка (Tools ⇒ Options ⇒ Debugging)**.

### Пример 1.1

Требуется построить виртуальный прибор для выполнения операции сложения и вычитания двух чисел  $a$  и  $b$ .

Для решения этой задачи нужно построить блок-диаграмму и соответствующую ей лицевую панель, представленные на рис. 1.10. Построение ведется следующим образом.

1. Вызываются четыре цифровых элемента на лицевой панели, из которых два управляющих (обозначены  $a$  и  $b$ ) и два индикатора ( $a+b$ ,  $a-b$ ). Их изображение одновременно появляются на блок-диаграмме. Из палитры функций вызываются элементы «сумма» (+) и «разность» (-) по пути **Arithmetic & Compare ⇒ Numeric**.
2. Соединение элементов осуществляется инструментом «соединение» (катушка). Катушка подводится к элементу; когда элемент начнет мигать, нажимается левая клавиша мыши и появившийся провод подводит к нужному элементу. Когда последний начинает мигать – клавишу нужно отпустить.

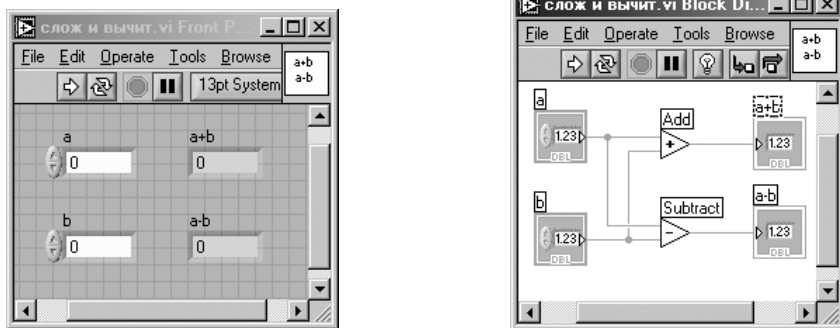


Рис. 1.10

3. В окна управляющих элементов вводятся заданные значения  $a$  и  $b$  (посредством инструмента «ввод текста»).
4. Задача запускается на выполнение кнопкой запуска с панели блок-диаграмм или с лицевой панели. В окнах индикаторов появляются результаты вычислений.

## Поиск объектов на палитрах Controls и Functions

Для быстрого перемещения по разделам палитры **Controls** (Элементы) и палитры **Functions** (Функции) предназначены кнопки, показанные ниже:



**Up** – перемещает на один уровень вверх в иерархии палитры.



**Search** – вызывает окно поиска (рис. 1.11). В этом режиме в палитрах производится поиск узлов, функций и ВП по названию. Например,

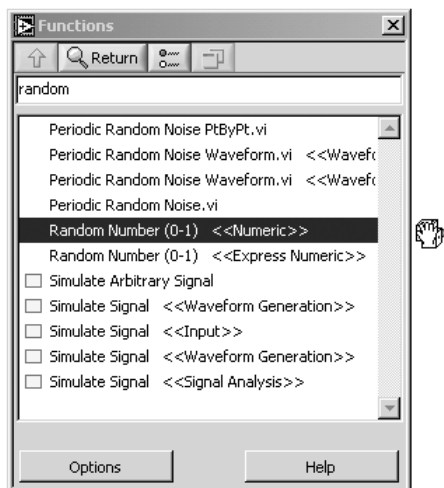


Рис. 1.11

чтобы найти функцию **Random Number** (Генератор случайных чисел), следует нажать кнопку **Search** на палитре **Functions** (Функций) и ввести в поле ввода текста «**Random Number**». LabVIEW выводит на экран список узлов и функций, в названии которых встречается введенный текст. Выбрав в результатах поиска искомую функцию, можно перенести ее на блок-диаграмму с помощью мыши. Двойной щелчок кнопкой мыши на искомой функции покажет ее местоположение на палитре.



**Options** – после нажатия этой кнопки открывается страница **Controls/Functions Palettes** диалогового окна **Options**, в которой производится настройка внешнего вида палитры.

## Контекстное меню

Контекстное меню используется наиболее часто. Все объекты LabVIEW, свободное рабочее пространство лицевой панели и блок-диаграммы имеют свои контекстные меню. Контекстное меню используется для изменения поведения объектов блок-диаграммы и лицевой панели. Контекстное меню вызывается щелчком правой кнопкой мыши на объекте, лицевой панели или блок-диаграмме. Пример контекстного меню показан на рис. 1.12.

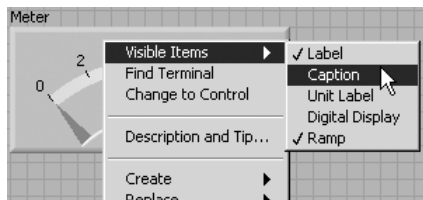


Рис. 1.12

## Выводы

В лекции мы получили первое представление о среде LabVIEW, кратко ознакомились с применяемыми здесь инструментами; получили понятие о построении виртуального прибора и об основных его частях: о лицевой панели с элементами управления и измерения и о панели блок-схем с некоторыми функциональными элементами; ознакомились также с применением контекстного меню для поиска нужных элементов. Практическое построение несложного виртуального прибора мы проведем в течение следующей лекции.



## Лекция 2

# Выполнение арифметических действий в среде LabVIEW

*Лекция посвящена изучению начальных приемов и методов работы в программной среде LabVIEW. На примере простой электрической цепи рассматривается проведение арифметических вычислений в среде LabVIEW. Самостоятельно составляется программа расчета токов ветвей с использованием арифметических элементов. Изучаются способы исправления ошибок и редактирования программ.*

*Большая часть поставленных задач выполняется слушателями самостоятельно.*

### Пример 2.1

Требуется создать виртуальный прибор, состоящий из источника и приемника электрической энергии.

Для этой цели нужно:

1. Выбрать в качестве источника элемент управления на лицевой панели **Controls** ⇒ **Numeric** ⇒ **Digital Control**. В качестве приемника – индикатор **Controls** ⇒ **Numeric** ⇒ **Digital Indicator**.
2. На панели блок-схем появляются изображения (иконки) этих элементов.
3. Для соединения источников и индикаторов на панели блок-схем выбирается инструмент (курсор) «соединение» («катушка»). Его нужно поместить на изображение источника. Когда конец провода катушки попадает в область терминала (об этом свидетельствует «мигание» объекта), нажатием левой клавиши мыши фиксируется соединение. После подвода курсора к изображению индикатора, аналогичным образом фиксируется другой конец соединительного проводника. При корректном соединении линия окрашивается в красный цвет, иначе она остается пунктирной. В окно источника вводится числовое значение соответствующей величины.
4. Программа запускается на исполнение кнопкой запуска **Run**. В окне приемника появляется числовое значение, введенное в окно источника.

## Пример 2.2

В цепи рис. 2.1 изображена схема электрической цепи. Значения  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  сопротивлений резисторов и значение  $E$  электродвижущей силы источника энергии будем считать известными (их можно задать произвольно). Рассмотрим определение токов всех ветвей.

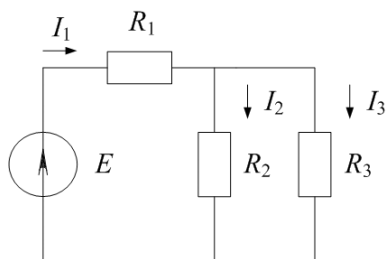


Рис. 2.1

Расчет ведется по уравнениям, составленным по законам Ома и Кирхгофа:

$$I_1 = E / \left( R_1 + \frac{R_2 R_3}{R_2 + R_3} \right);$$

$$I_2 = R_3 I_1 / (R_2 + R_3); \quad (1)$$

$$I_3 = R_2 I_1 / (R_2 + R_3).$$

Для решения задачи нужно:

1. Вывести на лицевую панель элементы управления (источники), представляющие значения сопротивлений и ЭДС а также индикаторы для записи искоемых токов.
2. Затем следует собрать блок-схему для расчета. Для этого вызываются арифметические операторы по пути **Functions**  $\Rightarrow$  **Numeric** и соединяются источники с приемниками в соответствии с записанными уравнениями. После сборки блок-схемы программа запускается на исполнение.

## Задача 2.1

Расчитать токи в цепи рис. 2.2 при условии, что сопротивления в цепи комплексные (величины их можно задать произвольно).

Поскольку структура схемы рис. 2.2 такая же, как и у схемы 2.1, расчет можно вести по той же блок-схеме, что и в предыдущем примере, с тем отличием, что все управляющие и индикаторные элементы должны быть комплексными. С этой целью необходимо изменить тип данных этих элементов. Устанавливаемый по умолчанию тип DBL (действительные числа с двойной точностью)

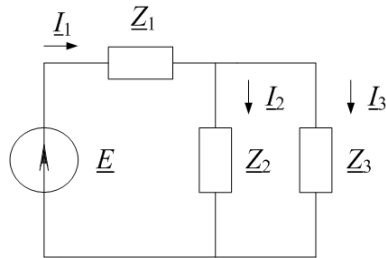


Рис. 2.2

следует заменить на **CDB** (комплексные числа с двойной точностью). Для этого нужно нажать правой клавишей мыши на элемент и из всплывающего меню выбрать **Representation**  $\Rightarrow$  **CDB**. Результат выводится в декартовой системе координат (действительная и мнимая части). Для перевода в полярную систему используется элемент **Complex To Polar**, вызываемый из палитры функций: **All Functions**  $\Rightarrow$  **Complex**.

## Редактирование ВП

После построения нескольких несложных схем следует более подробно ознакомиться с методикой редактирования схем и исправления ошибок.

Существует несколько методов редактирования объектов лицевой панели и блок-диаграммы.

### Создание объектов

В дополнение к созданию объектов лицевой панели с помощью палитры **Controls** предусмотрена возможность создания элементов управления и отображения данных, констант по щелчку правой кнопкой мыши на узле. Для этого в контекстном меню следует выбрать пункт **Create**.

- **Constant** – создание констант, отображающихся только на блок-диаграмме.
- **Control** – создание элемента управления на лицевой панели ВП.
- **Indicator** – создание элемента отображения данных на лицевой панели.

### Выделение объектов

Выделение объектов на лицевой панели и блок-диаграмме производится с помощью инструмента ПЕРЕМЕЩЕНИЕ.

Когда объект выделен, его окружает пунктирная линия. Для выбора нескольких объектов, следует во время их выделения нажать и удерживать клавишу **Shift**.

Можно также выделить несколько объектов, щелкнув мышью в свободном пространстве и обведя их курсором.

## *Перемещение объектов*

Перемещение объектов осуществляется при помощи инструмента ПЕРЕМЕЩЕНИЕ. Перемещать объекты можно также при помощи стрелок на клавиатуре. Для перемещения объекта с шагом в несколько пикселей в момент перемещения следует нажать и удерживать клавишу **Shift**.

Можно ограничить направление движения выбранного объекта только по горизонтали или только по вертикали, если в момент его перемещения удерживать клавишу **Shift**. Первоначально выбранное направление движения (горизонтальное или вертикальное) определяет направление перемещение объекта.

## *Удаление объектов*

Чтобы удалить объект, следует выделить его с помощью инструмента ПЕРЕМЕЩЕНИЕ, после чего нажать на клавиатуре клавишу **Delete** или выбрать пункты главного меню **Edit** ⇒ **Clear**.

## *Отмена и восстановление действий*

Если в процессе редактирования ВП была допущена ошибка, можно отменить или восстановить действия, выбрав **Undo** (Отменить) или **Redo** (Восстановить) в пункте главного меню **Edit** (Редактирование). Установка количества действий, подлежащих отмене или восстановлению, производится в пункте главного меню **Tools** ⇒ **Options**. Для этого из выпадающего меню следует выбрать раздел **Block Diagram**. Установка небольшого числа повторений сохраняет ресурсы памяти компьютера.

## *Копирование объектов*

Большинство объектов можно копировать, перемещая выделенный объект и одновременно удерживая клавишу **Ctrl**.

**(MacOS)** Нажать кнопку **Option**. **(Sun)** Нажать кнопку **Meta**. **(Linux)** Нажать кнопку **Alt**.

После переноса выбранного объекта на новое место, отпускается сначала кнопка мыши, а затем клавиша **Ctrl**. В этом месте появляется копия объекта, а первоначальный объект остается на старом месте. Этот процесс называется копированием либо клонированием.

Можно копировать объекты и стандартным способом, выбирая пункты главного меню **Edit** ⇒ **Copy** и затем **Edit** ⇒ **Paste**.

## *Метки объектов*

Метки используются для идентификации объектов. Среда LabVIEW имеет два вида меток: свободные и собственные. Собственные метки принадлежат объекту, описывают только его и двигаются вместе с ним. Собственную метку можно перемещать независимо от объекта, но при перемещении объекта метка