

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет  
им. Н.И. Лобачевского»**

Радиофизический факультет

---

УТВЕРЖДЕНО  
решением Ученого совета ННГУ  
протокол № 10 от 02.12.2024 г.

**Рабочая программа дисциплины**

Автоматизация измерений в квантовой электронике

---

Уровень высшего образования  
Бакалавриат

---

Направление подготовки / специальность  
02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии

---

Направленность образовательной программы  
Информационные системы и технологии

---

Форма обучения  
очная

---

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

## 1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.03.02 Автоматизация измерений в квантовой электронике относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-5: Способен использовать современные инструментальные и вычислительные средства информационных технологий	<p>ПК-5.1: Знает базовое оборудование и принципы его работы в информационных системах различных частотных диапазонов</p> <p>ПК-5.2: Знает основные принципы автоматизации и компьютеризации процессов сбора и обработки физической информации</p> <p>ПК-5.3: Умеет измерять основные физические величины, указывая погрешности измерений</p> <p>ПК-5.4: Умеет обрабатывать полученные в ходе эксперимента данные с использованием современных информационных технологий; проводить численные расчеты физических величин при обработке экспериментальных результатов</p> <p>ПК-5.5: Имеет практические навыки работы с измерительными приборами - осциллографическими, оптическими, спектральными, устройствами ввода/вывода данных</p> <p>ПК-5.6: Имеет практические навыки</p>	<p>ПК-5.1: Знает базовое оборудование, используемое для автоматизации измерений в квантовой электронике: монохроматоры, измерители мощности, регистраторы излучения, средства автоматизации измерений.</p> <p>ПК-5.2: Знает основные принципы автоматизации процессов сбора и обработки физической информации: этапы сбора данных и их особенности, требования к оборудованию на каждом из этапов.</p> <p>ПК-5.3: Умеет измерять основные параметры процессов в квантовой электронике: размер лазерного пучка, его энергию, временные характеристики, спектр люминесценции.</p> <p>ПК-5.4: Умеет обрабатывать экспериментальные данные как с помощью специализированных программ, так и с использованием численных</p>	Задания	Зачёт: Задания

	<p>эксплуатации современной радиоэлектронной и оптической аппаратуры и оборудования</p> <p>ПК-5.7: Имеет практические навыки работы с вычислительной техникой на уровне применения в экспериментальных исследованиях</p>	<p>методов.</p> <p>ПК-5.5: Имеет навыки работы с измерительными приборами: осциллографами, синхронными детекторами, монохроматорами, фурье-спектрометрами, многофункциональными платами сбора данных.</p> <p>ПК-5.6: Имеет практические навыки работы с детекторами излучения, преобразователями сигналов, системами термоконтроля.</p> <p>ПК-5.7: Имеет практические навыки работы с персональным компьютером как основой, объединяющей процессы измерения и обработки данных к квантовой электронике.</p>		
--	--	---	--	--

### 3. Структура и содержание дисциплины

#### 3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
<b>Общая трудоемкость, з.е.</b>	2
<b>Часов по учебному плану</b>	72
в том числе	
<b>аудиторные занятия (контактная работа):</b>	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	0
- КСР	1
самостоятельная работа	39
<b>Промежуточная аттестация</b>	<b>0</b> <b>Зачёт</b>

#### 3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	
Основы программирования в среде LabVIEW	12	6		6	6
Цифровая обработка сигналов	6	2		2	4
Краткое введение в сбор данных	10	6		6	4
Обмен лабораторными данными	5	2		2	3
Управление измерительными приборами	8	4		4	4
Обзор средств LabVIEW для обработки научных данных	6	2		2	4
Датчики (преобразователи), используемые в оптическом эксперименте	5	2		2	3
Методы регистрации оптических сигналов	9	4		4	5
Прием и обработка изображений с камеры	10	4		4	6
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	72	32	0	33	39

### Содержание разделов и тем дисциплины

#### 1. Основы программирования в среде LabVIEW.

Виртуальные приборы (ВП) и концепция dataflow-программирования (программирование потока данных). Знакомство со элементами интерфейса среды LabVIEW. Основные приёмы создания приложения в LabVIEW. Модульное программирование и виртуальные подприборы (SubVI). Поиск ошибок и отладка ВП. Циклы и алгоритмические структуры ВП. Типы и структуры данных. Работа с файлами. Управление потоком данных и графическим интерфейсом пользователя. Использование высокоуровневых структур и шаблонов для разработки эффективных приложений. Анализ производительности и создание автономных приложений на базе ВП.

2. Цифровая обработка сигналов. Дискретизация (квантование) аналоговых сигналов, теорема Найквиста-Котельникова. Кодирование данных в цифровых системах. Разновидности АЦП и ЦАП, области их применения. Организация обмена данными между цифровыми преобразователями и компьютером.

3. Краткое введение в сбор данных. Возможности сбора данных, предоставляемые аппаратными средствами компании National Instruments. Структура сбора данных в LabVIEW. Проводник по средствам измерений и автоматизации MAX. NI-DAQmx. Помощник по сбору данных. Получение и генерация аналоговых сигналов. Ввод и вывод цифровых сигналов. Применение счетчиков. Синхронизация операций аналогового и цифрового сбора данных.

4. Обмен лабораторными данными. Передача данных посредством локальной сети и Интернета. Протоколы TCP-IP и UDP. Технологии OPC и ActiveX.

5. Управление измерительными приборами. Шины передачи данных и управления: КОП (GPIB), последовательный и параллельный порты. Использование драйвера прибора.
6. Обзор средств LabVIEW для обработки научных данных. Пакет Diadem, линейная алгебра, решение ОДУ, спектральный анализ, аппроксимация, интер- и экстраполяция экспериментальных данных. Использование внешних приложений: Origin, Excel.
7. Датчики, используемые в оптическом эксперименте. Датчики и их согласование с платами сбора данных. Обзор аппаратных средств National Instruments. Модульные системы (PXI, SCXI, cRIO).
8. Методы регистрации оптических сигналов. Синхронное детектирование.
9. Прием и обработка изображений с камер. Обзор программно-аппаратного пакета расширения NI Vision. Промышленные и специализированные камеры для приема изображений видимого и ИК диапазона. Протокол GigE. Методы обработки изображений. Основы разработки приложений технического зрения. Параметров лазерных пучков и автоматизация их определения в эксперименте.

Практические занятия /лабораторные работы организуются, в том числе, в форме практической подготовки, которая предусматривает участие обучающихся в выполнении отдельных элементов работ, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

На проведение практических занятий / лабораторных работ в форме практической подготовки отводится: очная форма обучения - 4 ч.

#### **4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

LabVIEW в примерах и задачах,

[http://old.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF\\_NNSU/LabVIEW\\_Examples.pdf](http://old.rf.unn.ru/rus/chairs/k7/RF_NNSU/LabVIEW_Examples.pdf).

#### **5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)**

##### **5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:**

##### **5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-5:**

1. Оценить необходимые требования к системе сбора данных для регистрации сигнала с кремниевое фотоприемника, подключенного в режиме обратного смещения, в зависимости от скорости регистрируемого процесса – наблюдение свободной генерации или генерации в режиме модуляции добротности.
2. Разработать требования к шине передачи информации при сборе данных быстропротекающих процессов (при характерных длительностях несколько наносекунд).
3. Обосновать выбор схемы (дифференциальная, с общим заземленным и незаземленным проводом) подключения фотоприемников или других датчиков физических процессов к измерительной системе.
4. Обосновать использование форматов записи ASCII и бинарных файлов. Объяснить условия применения того и другого типа файлов для записи экспериментальных данных.
5. Какие параметры обмена необходимо учитывать при подключении к компьютеру внешних приборов

через интерфейс RS-232 или эмулирующий его USB порт?

6. Импульсный оптический сигнал с большой скважностью. Предложить метод регистрации.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задания с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не обязательно в полном объеме.
не зачтено	При решении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

### 5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

#### Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено			зачтено			
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с отдельными несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены все задания, в полном объеме без недочетов

<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продемонстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продемонстрирован творческий подход к решению нестандартных задач
---------------	--	---	--	--	--	--	---

### Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	<b>превосходно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	<b>отлично</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	<b>очень хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	<b>хорошо</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	<b>удовлетворительно</b>	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	<b>неудовлетворительно</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	<b>плохо</b>	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

### 5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

#### 5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-5

1. Создать программу для непрерывного сбора данных из нескольких аналоговых каналов многофункциональной платы сбора данных и сохранения их в двоичный файл с запуском сбора по внешнему цифровому сигналу с частотой дискретизации 10 кГц для одного из каналов и 100 Гц для остальных, и максимальной амплитудой 100 мВ для одного канала и 5 В для остальных. При старте программа должна запрашивать параметры записи каналов и место сохранения файла.
2. Создать программу для настройки параметров и сбора данных от синхронного детектора Stanford Research SR-810, подключенного к ПК через интерфейс RS-232. Программа должна позволять изменять время накопления сигнала, динамический диапазон, амплитуду входного сигнала.
3. Создать программу для сбора данных из нескольких аналоговых каналов осциллографа Tektronix

TDS-2000B и сохранения их в ASCII файл с запуском сбора по уровню одного из каналов с заданной частотой дискретизации и заданными амплитудами для каждого из каналов. При старте программа должна запрашивать параметры записи каналов и место сохранения файла.

4. Используя изображение среза лазерного пучка (в виде файла в формате BMP), осуществить визуализацию 3D изображения, вычислить такие параметры пучка как: ширина по осям X и Y по уровню  $e^{-2}$ , определить модовый состав излучения.

5. Используя изображение среза лазерного пучка (в виде файла в формате BMP), осуществить визуализацию 3D изображения, определить модовый состав излучения.

6. Используя изображение среза лазерного пучка (в виде файла в формате BMP), осуществить визуализацию 3D изображения, вычислить такие параметры пучка как: ширина по осям X и Y по уровню 90% энергии излучения.

7. Используя изображение среза лазерного пучка (в виде файла в формате BMP), осуществить визуализацию 3D изображения, определить эксцентриситет пучка в случае его эллиптичности.

8. Монохроматор МДР-41 с решеткой 600 штр/мм управляется с помощью шагового двигателя ДШИ-200. Создать систему автоматизации, выполняющую поворот решетки в заданном диапазоне длин волн и прием сигнала с фотоприемника, с помощью многофункциональной платы сбора данных NI PCI-6251. Результат измерения отобразить на графическом индикаторе.

9. Монохроматор ДФС-12 с решеткой 1800 штр/мм управляется с помощью шагового двигателя ДШИ-200. Создать систему автоматизации, выполняющую поворот решетки в заданном диапазоне длин волн с помощью многофункциональной платы сбора данных NI PCI-6251 и прием сигнала с фотоприемника с помощью синхронного детектора Stanford Research SR-810.

10. Создать систему автоматизации, управляющую генерацией твердотельного лазера с помощью многофункциональной платы сбора данных NI PCI-6251. Канал аналогового вывода задает напряжение на лампе-вспышке системы накачки (из соотношения 1 вольт ЦАП соответствует 1 кВ на батарее конденсаторов). Цифровой канал управляет инициализацией запуска и синхронизацией сбора данных с фотоприемника с помощью канала аналогового ввода. Осциллограмму генерации отобразить на графическом индикаторе и записать в текстовый файл.

11. Создать автоматизированную систему визуализации и измерения параметров (ширина пучка по уровню 0.5) лазерного излучения на основе камеры Ophir Pyrocam III.

### Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задания с негрубыми ошибками. Выполнены все задания, но не обязательно в полном объеме.
не зачтено	При решении стандартных заданий не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые ошибки.

### 6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7 / Бутырин П.А. - Москва : ДМК-пресс, ., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=636592&idb=0>.

2. Обработка и анализ цифровых изображений с примерами на LabVIEW IMAQ Vision : учебное пособие / Визильтер Ю.В.; Желтов С.Ю.; Князь В.А.; Ходарев А.Н. - Москва : ДМК-пресс, 2023. - 465 с. - ISBN 978-5-89818-557-2., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=912799&idb=0>.
3. Яковлева Анастасия Алексеевна. Программная среда LabView в научных исследованиях : учебно-методическое пособие / А. А. Яковлева, А. В. Кудрин ; ННГУ им. Н. И. Лобачевского. - Нижний Новгород : Изд-во ННГУ, 2025. - 202 с. - Текст : электронный., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=937356&idb=0>.
4. Трэвис Дж. LabVIEW для всех : монография / Трэвис Дж.; Кринг Дж. - Москва : ДМК-пресс, 2023. - 905 с. - ISBN 978-5-89818-491-9., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=912718&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Мелентьев Владимир Сергеевич. Аппроксимационные методы и системы измерения и контроля параметров периодических сигналов. - М. : Физматлит, 2011. - 240 с. - ISBN 978-5-9221-1353-3 : 200.00., 1 экз.
2. Топорец А. С. Монохроматоры. - М. : Гостехиздат, 1955. - 264 с. : ил. - 8.90., 1 экз.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

Среда разработки приложений NI LabVIEW 2023 с дополнительными модулями, NI Vision, NI RT, NI FPGA и комплектом драйверов для оборудования.

## **7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения, компьютерами, специализированным оборудованием: Многофункциональная плата сбора данных NI PCI-6251, адаптер NI GPIB-USB-B, синхронный детектор Stanford Research SR-810, плата-осциллограф NI PCI-5122, генератор сигналов произвольной формы Agilent 33250A, контроллер реального времени NI sbRIO-9636, промышленная камера Basler acA2500-14gm.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 02.03.02 - Фундаментальная информатика и информационные технологии.

Автор(ы): Шарков Валерий Валерьевич, кандидат физико-математических наук.

Заведующий кафедрой: Оболенский Сергей Владимирович, доктор технических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 28.11.2024, протокол № 06/24.