



**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**«ИРКУТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

ФГБОУ ВО «ИГУ»

Кафедра общей и космической физики



**Рабочая программа дисциплины (модуля)**

Наименование дисциплины (модуля): Б1.В.ДВ.07.02 Волоконно-оптические линии связи

Направление подготовки: 03.03.02 Физика

Направленность (профиль) подготовки: Фундаментальная физика и физика Космоса

Квалификация выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК:

физического факультета

Протокол № 53 от «17» марта 2026 г.

Председатель: д.ф.-м.н., профессор

Н.М. Буднев

Рекомендовано кафедрой:

общей и космической физики

Протокол № 8

от «16» марта 2026 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор

Паперный В.Л.

**Иркутск 2026 г.**

## Содержание

<b>I. Цели и задачи дисциплины (модуля)</b> .....	3
<b>II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО</b> .....	4
<b>III. Требования к результатам освоения дисциплины</b> .....	4
<b>IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)</b> .....	5
4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов .....	6
4.1. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине .....	7
4.3. Содержание учебного материала .....	8
4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ .....	11
4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС) .....	12
4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов .....	13
4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии) .....	14
<b>V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	15
а) <i>перечень литературы</i> .....	15
б) <i>периодические издания</i> .....	16
в) <i>список авторских методических разработок</i> .....	16
г) <i>базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i> .....	16
<b>VI. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)</b> .....	16
6.1. Учебно-лабораторное оборудование: .....	16
6.2. Программное обеспечение: .....	17
6.3. Технические и электронные средства: .....	17
<b>VII. Образовательные технологии</b> .....	17
<b>VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации</b> .....	17

## I. Цели и задачи дисциплины (модуля)

Волоконно-оптические линии связи (ВОЛС) являются в настоящее время самыми быстродействующими из всех известных систем связи. Оптические кабели используются для организации телефонной городской, междугородней и международных сетей связи; кабельного телевидения; локальных вычислительных сетей; волоконно-оптических датчиков и др. В данной дисциплине излагаются основы передачи сигналов по оптоволокну, принципы работы различных видов оптических волноводов, их характеристики.

Большая часть лабораторных занятий проводится с использованием учебного оборудования компании *National Instruments* (NI). Основной особенностью конструктивного решения фирмы NI является построение большого набора практикумов по различным дисциплинам на единой платформе: универсальной лабораторной станции NI ELVIS. Программным обеспечением для реализации проектов на основе этой платформы является среда визуального программирования *NI LabVIEW*. Среда позволяет проводить обучение в практическом, интерактивном режиме в таких областях, как контрольно-измерительные оборудование, схемотехника, электроника, электротехника, системы управления, средства коммуникации и др.

Программа ставит **цель** познакомить студентов с основами техники передачи сигналов в цифровой форме по оптоволоконным линиям на базе современного учебного оборудования. Занятия рассчитаны на один семестр.

В данном курсе, с одной стороны, изучаются физические основы распространения светового луча в оптоволокну, а с другой стороны, реализуются лабораторные работы по технике обслуживания оптоволоконных линий связи.

### Задачи курса:

- Снабдить студентов знаниями об основах теории передачи сигналов;
- познакомить с архитектурой учебного лабораторного комплекса NI ELVIS II и расширительной платой EMONA FOTEx;
- выработать у студентов навыки работы с оборудованием компании *National Instruments*, использующегося при построении современных телекоммуникационных сетей с оптическими каналами передачи данных.
- знания и умения, приобретённые при изучении этого предмета, будут востребованы при выполнении курсовых и дипломных работ и в процессе будущей профессиональной деятельности;
- познакомить студентов с принципами построения квантовых компьютеров.

Лабораторный комплекс данного практикума предназначен для обучения студентов принципам передачи информации по оптоволоконным линиям связи. В рамках лабораторных работ студенты осваивают методы кодирования и декодирования сигналов с импульсно-кодовой модуляцией, а также основы оптической фильтрации, разделения и объединения сигналов, двунаправленной оптоволоконной связи, оптических потерь и др.

## II. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП ВО

Данный курс относится к части, формируемой участниками образовательных отношений блока Б1.).

Входные знания, умения и компетенции студентов, необходимые для изучения дисциплины, определяются их базовыми знаниями, полученными на младших курсах бакалавриата при изучении следующих дисциплин: модуль «Методы математической физики», модуль «Теоретическая физика», модуль «Физика колебательных и волновых процессов», радиотехнические сигналы и цепи.

## III. Требования к результатам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины (модуля) направлен на формирование следующих профессиональных компетенций (ПК):

- Способен проводить научные исследования в избранной области экспериментальных и (или) теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта (ПК-2).

### Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Компетенция	Индикаторы компетенций	Результаты обучения
ПК-2	ИДК ПК.2.1 Способен осуществлять выполнение экспериментов и оформление результатов исследований и разработок	<b>Знает:</b> - основные элементы устройств волоконно-оптических линий связи; - принципы действия отдельных узлов и элементов аппаратуры; - основные правила эксплуатации и передовые методы обслуживания современных оптических линий связи. <b>Умеет:</b> - измерять и самостоятельно проводить испытания оптических линий связи - обеспечивать сохранение получаемых данных; - правильно организовывать эксплуатацию каналов первичных и вторичных сетей связи.

		<b>Владеет:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>• методикой измерения основных эксплуатационных измерений каналов, трактов и элементов аппаратуры систем передачи оптических сигналов.</li></ul>
--	--	--

#### **IV. Содержание и структура дисциплины (модуля)**

Объем дисциплины составляет 2 зачетных единицы, 72 часа,

в том числе 57 часов контактной работы.

Занятия проводятся только в очной форме обучения с применением дистанционного контроля самостоятельной работы студентов через ЭИОС факультета. Электронной и дистанционной форм обучения не предусматривается.

На практическую подготовку отводится 22 аудиторных часов (во время выполнения практических заданий).

Форма промежуточной аттестации: зачёт.

**4.1. Содержание дисциплины, структурированное по темам, с указанием видов учебных занятий и отведенного на них количества академических часов**

№ п/п	Раздел дисциплины/тема	Семестр	Всего часов	Из них практическая подготовка обучающихся	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся, практическую подготовку и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости; Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
					Контактная работа преподавателя с обучающимися			Самостоятельная работа	
					Лекции	Семинарские/практические/лабораторные занятия	Консультации		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Раздел 1. Теория информации и оптика	8	9,1	2		8	0,1	1	опрос
2	Раздел 2. Волоконная оптика	8	10,2	4		8	0,2	2	отчёт, защита отчёта
3	Раздел 3. Волоконно-оптические линии связи	8	10,2	4		8	0,2	2	отчёт, защита отчёта
4	Раздел 4. Физические основы передачи сигнала по оптическому волокну	8	12,2	4		8	0,2	4	отчёт, защита отчёта
5	Раздел 5. Изучение технологии передачи и обработки оптических сигналов на учебном лабораторном комплексе NI ELVIS II с платой EMONA FOTEx	8	12,2	4		8	0,2	4	отчёт, защита отчёта, контрольные вопросы
6	Раздел 6. Оптические компьютеры	8	10,1	4		8	0,1	2	опрос
	Зачёт								Опрос
	Контроль		8						
	КСР								
	<b>Итого часов</b>		72	22		48	1	15	

#### 4.1. План внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

Семестр	Название раздела, темы	Самостоятельная работа обучающихся			Оценочное средство	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы
		Вид самостоятельной работы	Сроки выполнения	Трудоемкость (час.)		
8	Все разделы	Обработка полученных экспериментальных данных, анализ результатов	В течение семестра	12	отчёты по лабораторным работам	Методические описания к лабораторным работам
8	Все разделы	Формулирование выводов по результатам работы. Работа с методическим материалом к каждой работе	В течение семестра	2	Собеседование	
8	Все разделы	Подготовка к зачёту	К концу семестра	1	Опрос	Вся рекомендуемая литература
Общий объем самостоятельной работы по дисциплине (час)				15		

### 4.3. Содержание учебного материала

Содержание разделов и тем дисциплины

#### Раздел 1. Теория информации и оптика

- 1.1. Источник, приемник и канал передачи информации. Характеристики канала передачи информации. Электронные каналы связи и их ограничения.
- 1.2. Изображение как сигнал. Фундаментальный предел Бреммерманна на скорость обработки и передачи информации -  $2 \cdot 10^{47}$  бит/г.сек.
- 1.3. История оптической связи.
- 1.4. Волны в средах с частотной и пространственной дисперсией и анизотропией оптических свойств.
- 1.5. Геометрическая оптика волноводных систем. Линзовые, диафрагменные линии и оптические резонаторы.
- 1.6. Модовая теория. Волноводная передача изображений. Оптическая передаточная функция волокон и планарных световодов. Энергетика световолокон и "силовые" световоды.

#### Раздел 2. Волоконная оптика

- 2.1. Одно-и многомодовые волокна. Взаимодействие мод. Ненаправляемые моды.
- 2.2. Электромагнитное поле внутри волокна. Затухание. Дисперсия мод. Модовый шум.
- 2.3. Сжатие импульсов и спектральное уплотнение. Градиентные волокна, фоклины, моданы, селфоки.
- 2.4. Нелинейные эффекты в оптических волокнах и солитонный режим передачи информации. Влияние временных параметров сигнала на информационные характеристики световолокон. Роль внешней оболочки световолокна.
- 2.5. Потери и искажения в оптическом волокне. Волоконно-оптические /ВО/ датчики физических величин. Ввод информации в волокно.
- 2.6. Полупроводниковые лазеры и светодиоды для оптической связи.
- 2.7. Соединение двух волокон и методы возбуждения мод в волноводе. Методы модуляции света: амплитудная, фазовая, частотная, двоичная и позиционно-импульсная. Мультиплексоры, разветвители и ретрансляторы.

#### Раздел 3. Волоконно-оптические линии связи /ВОЛС/

- 3.1. Цифровые ВОЛС первого и второго поколения.
- 3.2. Аналоговые ВОЛС.
- 3.3. Применение ВОЛС в локальных сетях телеметрии, сверхдальней связи и при компьютеризации физических экспериментов.
- 3.4. Технологии изготовления оптических волокон и систем. ВО-датчики и ВОЛС с первичной обработкой сигнала.
- 3.5. ВО-телеметрия и ВО-измерительные системы. ВО-интерферометры и датчики на их основе. Обработка изображений многожгутовыми системами и ВО-планшайбами. ВО интраскопия и дефектоскопия.
- 3.6. Открытые линии оптической связи.

#### Раздел 4. Физические основы передачи сигнала по оптическому волокну

- 4.1. Изучение компьютерной модели планарного оптического волновода
  - 4.1.1. Модовая структура сигнала в волноводе.
  - 4.1.2. Характеристики мод в планарном волноводе.

4.1.3. Представление о модовой дисперсии.

4.1.4. Переход в одномодовый режим, достоинства и недостатки одномодовых световодов.

#### **4.2 Ввод излучения в оптоволокно**

4.2.1 Понятие апертуры волокна.

4.2.2 Измерение апертурного угла.

4.2.3 Расчет характеристик волокна по измеренным данным.

#### **4.3 Потери в оптическом волокне**

4.3.1 Виды потерь.

4.3.2 Потери в волокне при изгибе.

4.3.3 Расчет параметров волокна по данным измерений.

### **Раздел 5. • Изучение технологии передачи и обработки оптических сигналов на учебном лабораторном комплексе NI ELVIS II с платой EMONA FOTEx**

#### **5.1. Контрольно-измерительные приборы NI ELVIS II**

5.1.1. Цифровой мультиметр

5.1.2. Осциллограф

5.1.3. Источник питания постоянного тока

5.1.4. Генератор функций

#### **5.2. Знакомство с расширительным модулем FOTEx**

5.2.1. Измерение параметров опорных сигналов.

5.2.2. Модуль преобразователя речевых сигналов.

5.2.3. Модуль усилителя.

5.2.4. Фильтры нижних частот с частотами среза 1кГц и 3кГц.

#### **5.3. Кодирование ИКМ.**

5.3.1. Кодирование статического сигнала постоянного тока с фиксированным уровнем.

5.3.2. Кодирование сигнала напряжения с изменяемым уровнем.

5.3.3. Кодирование непрерывно изменяющегося сигнала.

#### **5.4. Декодирование ИКМ**

5.4.1. Настройка ИКМ-кодера.

5.4.2. Декодирование ИКМ-данных.

5.4.3. Анализатор спектра.

5.4.4. Исследование спектра декодированного сигнала.

5.4.5. Восстановление исходного сообщения.

#### **5.5. Дискретизация и теорема Найквиста при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)**

5.5.1. Основные принципы преобразования аналогового сигнала в цифровой.

5.5.2. Настройка одноканальной системы ИКМ кодирования и декодирования.

5.5.3. Спектр сигнала на выходе ИКМ-декодера.

5.5.4. Влияние частоты сигнала на побочные гармоники.

5.5.5. Наложение спектров и частота Найквиста.

#### **5.6. Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)**

5.6.1. Настройка ИКМ кодера в режиме TDM.

5.6.2. Создание двухканальной системы PCM-TDM.

5.6.3. Уплотнение по времени и частота дискретизации.

**5.7. Линейное кодирование линии и восстановление тактового сигнала**

- 5.7.1. Кодировка сигнала в коде Manchester II.
- 5.7.2. Кодировка сигнала кодом NRZ.
- 5.7.3. Сравнительные характеристики, потери информации при передаче посылки.
- 5.7.4. Исследование линейных кодов с помощью осциллографа.
- 5.7.5. Исследование спектрального состава линейных кодов.
- 5.7.6. Оценка кодов по качеству самосинхронизации.
- 5.7.7. Восстановление сигнала битовой синхронизации.

**5.8. Передача данных через оптоволоконные линии**

- 5.8.1. Передатчики и приёмники оптических сигналов на плате Emona FOTEx.
- 5.8.2. Передача информации по простейшей ВОЛС.

**5.9. Создание двухканальной телекоммуникационной системы множественного доступа с временным разделением каналов****5.10. Фильтрация, разделение и объединение оптических сигналов**

- 5.10.1. Фильтрация оптических сигналов.
- 5.10.2. Разделение оптических сигналов.
- 5.10.3. Объединение оптических сигналов.

**5.11. Двухнаправленная оптоволоконная связь**

- 5.11.1. Сборка однонаправленной оптоволоконной системы связи.
- 5.11.2. Преобразование схемы в двухнаправленную оптоволоконную систему связи.

**5.12. Спектральное уплотнение сигналов**

- 5.12.1. Получение спектрального уплотнения.
- 5.12.2. Двухканальная система со спектральным уплотнением.
- 5.12.3. Трёхканальная система со спектральным уплотнением (TDM-WDM).

**5.13. Оптические потери**

- 5.13.1. Оценка потерь на оптических соединениях.
- 5.13.2. Оценка потерь на WDM-фильтрах.
- 5.13.3. Исследование затухания сигнала в зависимости от длины оптоволоконного кабеля.
- 5.13.4. Оценка потерь на оптическом разветвителе.

**Раздел 6. • Оптические компьютеры**

- 6.1. Процессоры для улучшения качества изображений, распознавания и обработки данных
- 6.2. МезОПОПтика и сверхразрешение.
- 6.3. Оптические системы с обратной связью. Адаптивная оптика.
- 6.4. Мультистабильные оптические элементы. Оптические нейроподобные системы обработки информации. Фундаментальные физические пределы миниатюризации компьютерных систем.
- 6.5. Квантовые компьютеры и нанотехнологии.

## 4.3.1. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ

№ п/п	№ раздела и темы дисциплины	Наименование семинаров, практических и лабораторных работ	Часы	Оценочные средства	Компетенции
1	2	3	4	5	6
1.	Раздел 4.	Изучение компьютерной модели планарного оптического волновода	4	Собеседование Ответы на контр.вопросы Отчет по лаб.раб.	ПК-2
2.		Ввод излучения в оптоволокно	8	Собеседование Ответы на контр.вопросы Отчет по лаб.раб.	ПК-2
3.		Потери в оптическом волокне	10	Собеседование Ответы на контр.вопросы Отчет по лаб.раб.	ПК-2
4.	Раздел 5.	Контрольно-измерительные приборы NI ELVIS II	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
5.		Знакомство с расширительным модулем FOTeX	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
6.		Кодирование ИКМ	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
7.		Декодирование ИКМ	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
8.		Дискретизация и теорема Найквиста при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
9.		Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
10.		Линейное кодирование линии и регенерация тактового сигнала	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
11.		Передача данных через оптоволоконные линии	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
12.		Создание двухканальной телекоммуникационной системы множественного доступа с временным разделением каналов	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
13.		Фильтрация, разделение и объединение оптических сигналов	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
14.		Двунаправленная оптоволоконная связь	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
15.		Спектральное уплотнение сигналов	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2
16.		Оптические потери	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-2

#### 4.3.2. Перечень тем (вопросов), выносимых на самостоятельное изучение студентами в рамках самостоятельной работы (СРС)

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Все темы	Аудиторная: знакомство с содержанием методического материала	Сделать заготовку будущего отчёта, разобраться с порядком выполнения лабораторной работы	Вся рекомендованная лектором учебная литература	0,5
2	Потери в оптическом волокне	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1]	1
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		1
3	Кодирование ИКМ	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1,2,3]	1
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		1
4	Декодирование ИКМ	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1,2]	1
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		1
5	Дискретизация и теорема Найквиста при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1,2]	1
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		1
6	Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[2,3]	1
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
7	Линейное кодирование	Аудиторная:	Выполнить практическое	[2,3]	0,5

	линии и регенерация тактового сигнала		задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться		
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
8	Передача данных через оптоволоконные линии	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[6,7]	0,5
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
9	Фильтрация, разделение и объединение оптических сигналов	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[8,9]	0,5
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
10	Двухнаправленная оптоволоконная связь	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1,2,3]	0,5
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
11	Спектральное уплотнение сигналов	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1]	0,5
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		0,5
<i>ИДК ПК.2.1</i>					

#### 4.4. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

Основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения теоретические и практические вопросы излагаются в методических материалах к лабораторным работам.

Теоретические знания, полученные студентами при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются во время выполнения лабораторных работ.

При выполнении лабораторной работы обращается особое внимание на выработку у студентов умения пользоваться научно-технической литературой, грамотно выполнять и оформлять отчёты.

Текущая работа над учебными материалами представляет собой главный вид самостоятельной работы студентов. Она включает обработку экспериментальных данных полученных во время лабораторной работы и оформление отчёта. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

#### **4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)**

Курсовые работы не предусмотрены.

**V. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)****а) перечень литературы***основная литература*

- 1) Буднев Н.М. Преобразование и передача сигналов в оптоволоконных линиях связи [Текст] : учеб. пособие / Н. М. Буднев ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 129 с. : ил. ; 20 см. - (Образовательные технологии National Instruments). - ISBN 978-5-9624-0880-4. – (19 экз.)
- 2) Фриман, Р. Волоконно-оптические системы связи / Р. Фриман ; Пер. с англ. под ред. Н. Н. Слепова. - 4-е изд., доп. - М. : Техносфера, 2007. - 511 с. : ил., цв. ил. ; 24 см. - (Мир связи). - Библиогр.: с. 479-490. - Предм. указ.: с. 491-495. - ISBN 978-5-94836-154-3. – (9 экз.)
- 3) Скляр, О.К. Волоконно-оптические сети и системы связи [Текст] : учеб. пособие / О. К. Скляр. - 2-е изд., стер. - СПб. : Лань, 2010. - 265 с. : ил. ; 24 см. - (Учебники для вузов. Специальная литература). - Библиогр.: с. 254-261. - ISBN 978-5-8114-1028-6. – (11 экз.)

*дополнительная литература*

- 1) Курс физики [Электронный ресурс] : в 3 т. / Савельев И. В., - Электрон. текстовые дан. . - ЭБС "Лань". - неогранич. доступ. – Т. 2 : Электричество. Колебания и волны. Волновая оптика / И. В. Савельев, Т. 2. - 5-е изд., стер. - [Б. м.] : Лань, 2018. - 468 с. - ISBN 978-5-8114-0686-9

б) *периодические издания*

- нет.

в) *список авторских методических разработок*

1. Буднев Н.М. Преобразование и передача сигналов в оптоволоконных линиях связи [Текст] : учеб. пособие / Н. М. Буднев ; Иркутский гос. ун-т. - Иркутск : Изд-во ИГУ, 2013. - 129 с. : ил. ; 20 см. - (Образовательные технологии National Instruments). - ISBN 978-5-9624-0880-4. – (19 экз.)
2. В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по данному курсу

г) *базы данных, информационно-справочные и поисковые системы*

- 1) [www.ni.com\russia](http://www.ni.com/russia)
- 2) <http://www.labview.ru/>
- 3) <http://library.isu.ru/ru>
- 4) ЭЧЗ «Библиотех» <https://isu.bibliotech.ru/>
- 5) ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>
- 6) ЭБС «Рукопт» <http://rucont.ru>
- 7) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>

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

### **6.1. Учебно-лабораторное оборудование:**

В лаборатории кафедры общей и космической физики имеются стенды для исследования основных характеристик оптического волокна («Потери в оптическом волокне», «Исследование апертуры в оптическом волокне», «Изучение эффекта Фурье-оптики (опыт Аббе-Портера)»), лабораторный комплекс NI ELVIS II+ и расширительная плата EMONA FOTEx (EГГ-211 “FOTEx”) с набором функциональных блоков, макетная плата NI ELVIS II Series Prototyping Board, набор оптических кабелей и соединительных проводов.

Современные компьютеры (ноутбуки), имеющие доступ к локальной сети университета и выход в Интернет (через Wi-Fi).

На занятиях могут использоваться мультимедийные средства: проектор (CASIO XJ-A241), переносной экран (Classic Solution, T195x195/1MW-LU/B), ноутбук Lenovo B590. На факультете имеется компьютеризированная аудитория, предназначенная для самостоятельной работы, с неограниченным доступом в Интернет.

Имеются списки заданий и методическое руководство в электронном и печатном виде. Кроме того курс поддерживается авторским пособием.

### **6.2. Программное обеспечение:**

- 1) Academic NI LabVIEW™ FDS Teaching ASL (1 year Academic site license teaching standart service program, номер лицензии 784211-3510)
- 2) NI Educational Laboratory Virtual Instrumentation Suite II Series (NI ELVISmx for NI ELVIS & NI myDAQ). – National Instruments, 2011
- 3) Авторская программа моделирования распространения электромагнитных волн в плоском волноводе (2011).

На ноутбуках поставщиком установлена операционная система Windows 8. Для работы с документами имеются LibreOffice и Adobe Acrobat Reader.

### **6.3. Технические и электронные средства:**

Для обработки полученных в ходе эксперимента данных на практических занятиях в лаборатории кафедры имеются компьютеры с соответствующим программным обеспечением.

Во время занятий для пояснения поставленных в практических работах заданий студентам демонстрируются на экране с помощью проектора дополнительные и вспомогательные материалы (презентации, типичные примеры)

## **VII. Образовательные технологии**

Новые знания студенты получают самостоятельно из методических описаний. Практическим навыкам они обучаются при выполнении лабораторных работ под руководством преподавателя. Студенты выполняют работы небольшими группами, обсуждая последовательность действий, и вместе анализируют полученные результаты.

## **VIII. Оценочные материалы для текущего контроля и промежуточной аттестации**

Форма текущего контроля: собеседование во время лабораторных работ, проверка отчетов. Для допуска к итоговому зачёту требуется полностью выполнить все лабораторные, сдать отчеты и обсудить с преподавателем полученные результаты по каждой работе, получив при этом отметку о сдаче.

Вид промежуточной аттестации – экзамен.

### **8.1.1. Оценочные средства для входного контроля**

Для изучения данного курса студент должен знать основы информатики, уметь пользоваться компьютером на продвинутом уровне, прослушать подробную технику безопасности при работе со сложным цифровым оборудованием.

### **8.1.2. Оценочные средства текущего контроля**

Примерные вопросы для текущего контроля:

- 1) Почему на практике применяется волоконный световод, состоящий из сердцевины и оболочки?

- 2) Какую роль играет ИКМ-кодирование в системе связи?
- 3) Приведите схему образования ИКМ-сигнала.
- 4) Что такое кадр в системе ИКМ-кодирования?
- 5) Что такое шаг квантования?
- 6) Объясните, что показывает каждый импульс тактового сигнала?
- 7) Сколько бит между импульсами в сигнале кадровой синхронизации (FS)?
- 8) Изобразите код, генерируемый ИКМ-кодером, при подаче на его вход постоянного напряжения в 1 В.
- 9) Каковы основные этапы восстановления передаваемого сообщения?
- 10) Что такое шум квантования?
- 11) Как достигается синхронность работы ИКМ-декодера и ИКМ-кодера?
- 12) Каким будет восстановленный сигнал, если в схеме восстановления (рисунки 4.7 и 4.8) использовать фильтр с частотой среза 100 Гц?
- 13) Что определяет параметр настройки анализатора спектра (DSA) *Frequency Span*?
- 14) По вертикальной шкале в анализаторе спектра откладывается мощность сигнала в дБ. Почему все побочные гармоники имеют отрицательное значение в дБ?
- 15) Что означает отличие двух гармоник друг от друга на 100 дБ?
- 16) Что такое частота Найквиста?
- 17) Почему на рисунке 5.2 график состоит из отдельных точек, не соединённых между собой?
- 18) Из каких соображений выбирается частота дискретизации?
- 19) Что называется шумом квантования?
- 20) Почему после декодирования в сигнале появляются побочные составляющие?

Пример практических заданий:

- 1) Рассчитайте коэффициент передачи фильтров в дБ по формуле (1) За  $V_{вх}$  нужно взять амплитуду исходного сигнала с генератора.

$$K_{(дБ)} = 20 \lg \left( \frac{V_{в\ddot{y}к}}{V_{вх}} \right) \quad (1)$$

Проведите измерения при разных частотах исходного «нефильтрованного» сигнала (500 Гц, 1кГц, 2кГц, 3кГц, 4кГц, 5кГц). Частота меняется в настройках функционального генератора.

Сохраняйте скриншоты окна программы осциллографа после его настройки.

- 2) Используя свойства оптических разветвителей, нарисуйте схему двунаправленной линии связи, в которой могут передаваться аналоговый сигнал (сообщение 1) и цифровой сигнал (сообщение 2) по одному оптоволокну в обоих направлениях. Т.е. один пользователь передаёт аналоговый сигнал второму пользователю, находящемуся на другом конце линии связи. Одновременно первый клиент получает цифровой сигнал от второго клиента. Для отчёта изобразите блок-схему такой линии».

### 8.1.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Собеседование при защите отчета	Потери в оптическом волокне	ПК-2
2.	Собеседование при защите отчета	Кодирование ИКМ	ПК-2
3.	Собеседование при защите отчета	Декодирование ИКМ	ПК-2
4.	Собеседование при защите отчета	Дискретизация и теорема Найквиста при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)	ПК-2

5.	Собеседование при защите отчета	Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)	ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Линейное кодирование линии и регенерация тактового сигнала	ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Передача данных через оптоволоконные линии	ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Фильтрация, разделение и объединение оптических сигналов	ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Двунаправленная оптоволоконная связь	ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Спектральное уплотнение сигналов	ПК-2
6.	Подготовка к экзамену	Все разделы	ПК-2

### Примерный список вопросов к зачёту

- Основные принципы передачи цифровых сигналов
- Передача света по оптическому волноводу.
- Оптоволоконно. Типы, характеристики и применение.
- Потери в волоконно-оптических линиях связи.
- Архитектура учебного лабораторного комплекса NI ELVIS II.
- Типичные параметры настройки цифрового осциллографа.
- Основные функциональные блоки расширительного модуля Emona FOTex.
- Принципы ИКМ-кодирования.
- Аналого-цифровое преобразование.
- Методика ИКМ-декодирования.
- Теорема Найквиста. Частота Найквиста. Дискретизация сигнала.
- Принципы линейного кодирования сигнала. Цифровой сигнал. TTL. Биполярный код NRZ.
- Бифазный код (манчестерский) BiФ.
- Линейный код RZ-AMI. Энергетические затраты при кодировании.
- Восстановление сигнала битовой синхронизации (тактового сигнала).
- Организация двунаправленной линии передачи информации.
- Методы TDMA и FDMA при мультиплексировании.
- Преобразование сигнала из световой формы в электрическую и наоборот.
- Фильтрация оптических сигналов.
- Объединение оптических сигналов.
- Разделение оптических сигналов.
- Спектральное уплотнение.
- Организация многоканальной оптической линии связи.
- Определение коэффициента затухания оптического кабеля.

### **Пример тестовых заданий для проверки сформированности компетенций, указанных выше п.3:**

1. Для передачи по линии связи посылку в коде NRZ преобразуют в код BIF потому что

- 1) Вторая кодировка более экономичная,
- 2) В этой кодировке посылка лучше самосинхронизируется,
- 3) В этой кодировке спектр посылки уже,
- 4) В некоторых случаях искажения посылки меньше

2. Одномодовое волокно используется в магистральных линиях связи, потому что

- 1) В нем отсутствует модовая дисперсия,
- 2) В нем меньше затухание сигнала в оболочке кабеля,
- 3) Оно более защищено от несанкционированного доступа,
- 4) В нем меньше затухание в сердцевине кабеля



3. Апертура оптического волокна определяется

- 1) длиной волны источника света,
- 2) отношением показателей преломления сердцевины и оболочки,
- 3) диаметром сердцевины,
- 4) отношением диаметров сердцевины и оболочки

4. Числовая апертура световода определяет

- 1) величину потерь мощности излучения на единице длины
- 2) количество максимумов на спектральной характеристике
- 3) максимальный угол, при котором возможен ввод излучения в световод

**Разработчики:**

 _____	профессор, зав.кафедрой, д.ф.-м.н.	<u>В.Л., Паперный</u>
(подпись)	(занимаемая должность)	(инициалы, фамилия)
 _____	ст. преп., к.ф.-м.н.	<u>А.А., Черных</u>
(подпись)	(занимаемая должность)	(инициалы, фамилия)

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки 03.03.02 Физика.

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ  
« 16 » марта 2026 г.

Протокол № 8, зав. кафедрой  \_\_\_\_\_ В.Л. Паперный

**Настоящая программа не может быть воспроизведена ни в какой форме без предварительного письменного разрешения кафедры-разработчика программы.**