



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
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.8.1 Волоконно-оптические линии связи

Направление подготовки: 03.03.02 «Физика»

Тип образовательной программы: академический бакалавриат

Направленность (профиль): «Солнечно-земная физика»

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

Форма обучения: очная

Согласовано с УМК физического факультета

Протокол № 3

от «28» мая 2016 г.

Зам.председателя к.ф.-м.н., доцент

В.В. Чумак Чумак

Рекомендовано кафедрой:

общей и космической физики

Протокол № 6

от «15» мая 2016 г.

Зав.кафедрой д.ф.-м.н., профессор

В.Л. Паперный Паперный

Иркутск 2016 г.

Содержание

1. Цели и задачи дисциплины (модуля)	3
2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП:	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):	4
4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы	5
5. Содержание дисциплины (модуля)	5
5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля).....	5
5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми (последующими) дисциплинами (модулями)	8
5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий	9
6. Перечень семинарских, практических занятий и лабораторных работ	9
6.1. План самостоятельной работы студентов	10
6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов	12
7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)	12
8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):	13
<i>а) основная литература</i>	13
<i>б) дополнительная литература</i>	13
<i>в) программное обеспечение</i>	14
<i>г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы</i>	14
9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:	14
10. Образовательные технологии:	15
11. Оценочные средства (ОС):	15
Лист согласования, дополнений и изменений	18
ПРИЛОЖЕНИЕ: ФОС	19

1. 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 и практических 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. Знания, полученные на лекциях, закрепляются на практических занятиях. Занятия рассчитаны на один семестр.

В данном курсе, с одной стороны, изучаются физические основы распространения светового луча в оптоволокну, а с другой стороны, реализуются практические 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*, используемого 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.

2. Место дисциплины (модуля) в структуре ОПОП:

Данный курс относится к вариативной части базового цикла Б1 и является дисциплиной по выбору (ДВ).

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.

3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля):

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

- способностью использовать специализированные знания в области физики для освоения профильных физических дисциплин (ПК-1)
- способностью проводить научные исследования в избранной области экспериментальных теоретических физических исследований с помощью современной приборной базы (в том числе сложного физического оборудования) и информационных технологий с учетом отечественного и зарубежного опыта.

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- 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.

Уметь:

- измерять и самостоятельно проводить испытания оптических линий связи
- обеспечивать сохранение получаемых данных;

- правильно организовывать эксплуатацию каналов первичных и вторичных сетей связи.

Владеть: методикой измерения основных эксплуатационных измерений каналов, трактов и элементов аппаратуры систем передачи оптических сигналов.

4. Объем дисциплины (модуля) и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов / зачетных единиц	Семестры			
		8			
Аудиторные занятия (всего)	84/2,33	84			
В том числе:	-	-	-	-	-
Лекции	30/0,83	30			
Практические занятия (ПЗ)	50/1,39	50			
Семинары (С)					
Лабораторные работы (ЛР)					
КСР	4/0,11	4			
Самостоятельная работа (всего)	42/1,17	42			
В том числе:	-	-	-	-	-
Выполнение практических заданий	20/0,56	20			
Отчет по практической работе	22/0,61	22			
Вид промежуточной аттестации (зачет, экзамен)	54/1,5	54			
Контактная работа (всего)	88	88			
Общая трудоемкость	часы	180	180		
	зачетные единицы	5	5		

*В ходе практических работ студент готовит отчет, включающий в себе следующие элементы: описание эксперимента, схема, таблицы экспериментальных данных, осциллограммы (в виде скриншотов), ответы на контрольные вопросы.

5. Содержание дисциплины (модуля)

5.1. Содержание разделов и тем дисциплины (модуля)

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. Фильтрации 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.

5.2 Разделы дисциплины и междисциплинарные связи с обеспечиваемыми

(последующими) дисциплинами (модулями)

Дисциплина преподаётся на четвертом курсе обучения бакалавров, обеспечиваемых (последующих) дисциплин не имеется.

5.3. Разделы и темы дисциплин (модулей) и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела	Наименование темы	Виды занятий в часах					
			Лекц.	Практ. зан.	Сем.	Лаб. зан.	СРС	Всего
1.	<u>Раздел 1.</u> Теория информации и оптика	Теория информации и оптика	4				4	8
2	<u>Раздел 2.</u> Волоконная оптика	Волоконная оптика	6				10	16
3	<u>Раздел 3.</u> Волоконно-оптические линии связи	Волоконно-оптические линии связи /ВОЛС/	4				10	14
4	<u>Раздел 4.</u> Физические основы передачи сигнала по оптическому волокну	Физические основы передачи сигнала по оптическому волокну	6	22			10	38
5	<u>Раздел 5.</u> Изучение технологии передачи и обработки оптических сигналов на учебном лабораторном комплексе NI ELVIS II с платой EMONA FOTEx	Изучение технологии передачи и обработки оптических сигналов на учебном лабораторном комплексе NI ELVIS II с платой EMONA FOTEx	6	28			8	42
6	<u>Раздел 6.</u> Оптические компьютеры	Оптические компьютеры	4					4

6. 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	6	Собеседование Ответы на контр.вопросы Отчет по лаб.раб.	ПК-1
2.		Ввод излучения в оптоволокну	8	Собеседование Ответы на контр.вопросы Отчет по лаб.раб.	ПК-1
3.		Потери в оптическом волокне	8	Собеседование Ответы на	ПК-1

				контр.вопросы Отчет по лаб.раб.	
4.	Раздел 5.	Контрольно-измерительные приборы NI ELVIS II	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1
5.		Знакомство с расширительным модулем FOTEx	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1
6.		Кодирование ИКМ	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2
7.		Декодирование ИКМ	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2
8.		Дискретизация и теорема Найквиста при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2
9.		Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2
10.		Линейное кодирование линии и регенерация тактового сигнала	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2
11.		Передача данных через оптоволоконные линии	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2
12.		Создание двухканальной телекоммуникационной системы множественного доступа с временным разделением каналов	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2
13.		Фильтрация, разделение и объединение оптических сигналов	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2
14.		Двунаправленная оптоволоконная связь	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2
15.		Спектральное уплотнение сигналов	2	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2
16.		Оптические потери	4	Отчет по лаб.раб.	ПК-1 ПК-2

6.1. План самостоятельной работы студентов

№ нед.	Тема	Вид самостоятельной работы	Задание	Рекомендуемая литература	Количество часов
1	Все темы	Аудиторная: формирование и усвоение содержания конспекта лекций	Написать конспект	Вся рекомендованная лектором учебная литература	4
		Внеаудиторная	Подготовиться к лекции		
2	Потери в оптическом волокне	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1]	4
		Внеаудиторная	Подготовиться к		2

			защите отчета		
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]	2
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		2
6	Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[2,3]	2
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		2
7	Линейное кодирование линии и регенерация тактового сигнала	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[2,3]	2
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		2
8	Передача данных через оптоволоконные линии	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[6,7]	2
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		2
9	Фильтрация, разделение и объединение	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить	[8,9]	2

	оптических сигналов		отчет согласно рекомендациям, отчитаться		
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		2
10	Двухнаправленная оптоволоконная связь	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1,2,3]	2
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		2
11	Спектральное уплотнение сигналов	Аудиторная:	Выполнить практическое задание, оформить отчет согласно рекомендациям, отчитаться	[1]	2
		Внеаудиторная	Подготовиться к защите отчета		2

6.2. Методические указания по организации самостоятельной работы студентов

На лекциях излагаются лишь основные, имеющие принципиальное значение и наиболее трудные для понимания и усвоения теоретические и практические вопросы.

Теоретические знания, полученные студентами на лекциях и при самостоятельном изучении курса по литературным источникам, закрепляются на практических занятиях.

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

Текущая работа над учебными материалами представляет собой главный вид самостоятельной работы студентов. Она включает обработку конспектов лекций путем систематизации материала, заполнения пропущенных мест, уточнения схем и выделения главных мыслей основного содержания лекции. Для этого используются имеющиеся учебно-методические материалы и другая рекомендованная литература.

7. Примерная тематика курсовых работ (проектов) (при наличии)

Курсовые работы не предусмотрены.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля):

а) 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.)

б) дополнительная литература

- 1) Волоконно-оптическая техника: современное состояние и новые перспективы [Текст] : сб. статей / ред.: С. А. Дмитриев, Н. Н. Слепов. - 3-е изд., перераб. и доп. - М. : Техносфера, 2010. - 607 с. : ил. ; 25 см. - Библиогр. в конце глав. - ISBN 978-5-94836-245-8. - (1 экз.)
- 2) Гончаренко, А.М.. Основы теории оптических волноводов [Текст] : научное издание / А.М. Гончаренко, В.А. Карпенко. - 2-е изд., испр. . - М. : Едиториал УРСС, 2004. - 237 с. : граф. ; 21 см. - Библиогр. в конце разд. - ISBN 5-354-00818-2. - (1 экз.)
- 3) Убайдулаев, Р.Р. Волоконно-оптические сети [Text] / Р.Р. Убайдуллаев ; Р.Р.Убайдуллаев. - М. : Эко-Трендз, 2001. - 268 с. : ил. ; 28см. - ISBN 5884050232. - (1 экз.)
- 4) Автоматизация физических исследований и эксперимента: компьютерные измерения и виртуальные приборы на основе LabVIEW 7(30 лекций) [Текст] : Учеб. пособие для студ. вузов / П. А. Бутырин [и др.] ; Моск. энерг. ин-т . - М. : ДМК Пресс, 2005. - 264 с. : ил., табл. ; 23 см. - (National instruments). - ISBN 5-94074-084-7. - (1 экз.)
- 5) Портнов, Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабельные линии связи [Текст] : учеб. пособие / Э. Л. Портнов. - М. : Горячая линия-Телеком, 2009. - 544 с. : ил. ; 24 см. - (Учебное пособие для вузов). - Библиогр.: с. 538-540. - ISBN 978-5-9912-0071-4. - (2 экз.)

сверено с ГИБ ИГУ

в) 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.

г) базы данных, информационно-справочные и поисковые системы

- 1) 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 «Руконт» <http://rucont.ru>
- 7) ЭБС «Айбукс» <http://ibooks.ru>
- 8) В системе образовательного портала ИГУ (<http://educa.isu.ru/>) размещены методические материалы и задания по дисциплине Б1.В.ДВ.8.1 «Волоконно-оптические линии связи».

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины:

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 (EГТ-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 лекциях 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.

10. Образовательные технологии:

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

11. Оценочные средства (ОС):

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.

Фонд оценочных средств (ФОС) представлен в приложении.

11.1. 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.

11.2. 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 заданий к практическим занятиям:

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

$$K_{(дБ)} = 20 \lg \left(\frac{V_{в\check{ы}х}}{V_{вх}} \right) \quad (1)$$

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».

11.3. Оценочные средства для промежуточной аттестации

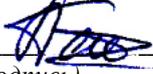
Материалы для проведения текущего и промежуточного контроля знаний студентов:

№ п\п	Вид контроля	Контролируемые темы (разделы)	Компетенции, компоненты которых контролируются
1.	Собеседование при защите отчета	Потери в оптическом волокне	ПК-1, ПК-2
2.	Собеседование при защите отчета	Кодирование ИКМ	ПК-1, ПК-2
3.	Собеседование при защите отчета	Декодирование ИКМ	ПК-1, ПК-2
4.	Собеседование при защите отчета	Дискретизация и теорема Найквиста при импульсно-кодовой модуляции (ИКМ)	ПК-1, ПК-2
5.	Собеседование при защите отчета	Множественный доступ с временным разделением каналов (TDMA)	ПК-1, ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Линейное кодирование линии и регенерация тактового сигнала	ПК-1, ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Передача данных через оптоволоконные линии	ПК-1, ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Фильтрация, разделение и объединение оптических сигналов	ПК-1, ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Двунаправленная оптоволоконная связь	ПК-1, ПК-2
	Собеседование при защите отчета	Спектральное уплотнение сигналов	ПК-1, ПК-2
6.	Тестирование	Все разделы	ПК-1
7.	Подготовка к экзамену	Все разделы	ПК-1

Примерный список вопросов к зачёту

- Основные принципы передачи цифровых сигналов
- Передача света по оптическому волноводу.
- Оптоволокно. 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.

Разработчики:

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

Программа рассмотрена на заседании кафедры общей и космической физики ИГУ
«15» мар 2016 г.

Протокол № 6, зав. кафедрой  В.Л. Паперный

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

**Лист согласования, дополнений и изменений
на 2016/2017 учебный год**

К рабочей программе дисциплины Б1.В.ДВ.8.1 «Волоконно-оптические линии связи» по направлению подготовки бакалавров 03.03.02 «Физика» (профиль «Солнечно-земная физика»)

1. В соответствии с приказом Минобрнауки России №1455 от 07.12.2015 г. о переименовании федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВПО «ИГУ») в федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Иркутский государственный университет» (ФГБОУ ВО «ИГУ») читать наименование вуза в новой редакции.
2. В рабочую программу дисциплины вносятся следующие дополнения:
Нет дополнений.
3. В рабочую программу дисциплины вносятся следующие изменения:
Заменено наименование университета на новое.

Зав. кафедрой:
общей и космической
физики



В.Л. Паперный