МИНОБРНАУКИ РОССИИ
Ярославский государственный университет им. П.Г. Демидова

Кафедра интеллектуальных информационных радиофизических систем

УТВЕРЖДАЮ

Декан физического факультета
_____ И.С. Огнев
(подпись)

«17» мая 2022 г.

Рабочая программа дисциплины
«Введение в оптическую связь»

Направление подготовки
03.03.03 Радиофизика

Направленность (профиль)
Телекоммуникационные системы и технологии

Форма обучения
очная

Программа одобрена
на заседании кафедры
от «28» апреля 2022 года, протокол № 9

Программа одобрена НМК
физического факультета
протокол № 5 от «11» мая 2022 года

Ярославль

1. Цели освоения дисциплины

Целями освоения дисциплины «Введение в оптическую связь» являются ознакомление с основами построения и функционирования современных оптических систем передачи информации.

2. Место дисциплины в структуре ОП бакалавриата

Дисциплина «Введение в оптическую связь» относится к факультативным.

Для освоения данной дисциплиной студенты должны владеть математическим аппаратом векторного и тензорного анализа, линейной алгебры, дифференциального исчисления, уметь решать основные типы дифференциальных уравнений, знать основы электродинамики, физики колебательных и волновых процессов, электроники, теории вероятности и математической статистики.

Полученные в курсе «Введение в оптическую связь» знания позволяют сформировать у студента современное представление о принципах построения оптических систем передачи информации.

3. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих элементов компетенций в соответствии с ФГОС ВО, ОП ВО и приобретения следующих знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности:

Формируемая компетенция (код и формулировка)	**Индикатор достижения компетенции (код и формулировка)**	**Перечень планируемых результатов обучения**
Общепрофессиональные компетенции		
ПК-2 Способен применять современные теоретические и (или) экспериментальные методы исследования с целью анализа текущего состояния телекоммуникационных устройств, систем и сетей	ИД_ПК-2.1 Знает основные характеристики телекоммуникационных устройств, систем и сетей. ИД_ПК-2.2 Применяет экспериментальные методы исследования радиофизических процессов. ИД_ПК-2.3 Проводит теоретические исследования телекоммуникационных устройств, систем и сетей. ИД_ПК-2.4 Оформляет отчеты в соответствии предъявляемыми требованиями.	**Знает:** – основы и принципы создания и функционирования современных оптических сетей передачи информации, оптических передатчиков, усилителей и генераторов, приёмников, влияние среды распространения на оптический сигнал, а также устройств и систем преобразования и фильтрации оптических сигналов. **Умеет:** – рассчитать условия работы и конструировать оптические системы передачи информации. **Владеет:** – навыками теоретических исследований систем оптической связи; – навыками составления отчётов при исследовании и анализе характеристик систем оптической связи.

4. Объем, структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 2 зачетные единицы, 72 акад. часа.

Дисциплина реализуется с применением дистанционных образовательных технологий (ДОТ), предоставляемых образовательной площадкой «Электронный университет Moodle ЯрГУ».

№ п/п	Темы (разделы) дисциплины, их содержание	Семестр	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу студентов, и их трудоемкость (в академических часах)						Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации *(по семестрам)* *Формы ЭО и ДОТ (при наличии)*
			Контактная работа						
			лекции	практические	лабораторные	консультации	аттестационные испытания	самостоятельная работа	
1	Введение	8	1						
	в том числе с ЭО и ДОТ								
2	Основы распространения оптических волн в световодах	8	3			0,3		8	Задания для самостоятельной работы.
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
3	Каналы волоконно-оптической связи	8	2			0,4		9	Задания для самостоятельной работы.
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
4	Источники оптического излучения	8	3			0,4		8	Задания для самостоятельной работы.
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
5	Устройства управления	8	3			0,3		8	Задания для самостоятельной работы.
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
6	Волоконно-оптические усилители и регенераторы	8	2			0,3		8	Задания для самостоятельной работы.
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
7	Приёмники оптического излучения	8	3			0,3		8	Задания для самостоятельной работы.
	в том числе с ЭО и ДОТ							2	
		8					0,3	3,7	Зачёт
	Всего за 8 семестр 72 часа		**17**			**2**	**0,3**	**52,7**	
	в том числе с ЭО и ДОТ							**12**	
	ИТОГО		**17**			**2**	**0,3**	**52,7**	
	в том числе с ЭО и ДОТ							**12**	

Содержание разделов дисциплины

Раздел №1

Введение

1.1. Волоконная оптика в современных условиях.
1.2. Основные преимущества волоконно-оптических систем.

Раздел №2

Основы распространения оптических волн в световодах

2.1. Постановка задачи.
2.2. Ввод оптического излучения в волокно.
2.3. Понятие числовой апертуры.
2.4. Распространение оптических волн в волоконном световоде (ВС) в приближении геометрической оптики.
2.5. Основные типы световодов, их геометрические и технологические особенности.
2.6. Волновая модель распространения электромагнитных волн в ВС. Волновое уравнение для цилиндрического волновода.
2.7. Модовая структура полей в ВС.
2.8. Дисперсионное уравнение и дисперсионные характеристики ВС.
2.9. Условие отсечки мод.
2.10. Одномодовый световод.
2.11. Материальная дисперсия в волокне.
2.12. Волноводная дисперсия в ВС.
2.13. Сравнение влияния разных дисперсионных механизмов на расплывание волнового пакета в ВС.
2.14. Физические причины затухания в волокнах.
2.15. Количественные оценки уровня оптических потерь в ВС.

Раздел №3

Каналы волоконно-оптической связи

3.1. Общая структура волоконно-оптического канала связи.
3.2. Элементная база волоконно-оптического канала передачи информации.
3.3. Определение функциональных параметров.

Раздел №4

Источники оптического излучения

4.1. Источники оптического излучения в волоконной технике.
4.2. Полупроводниковый инжекционный лазер, его особенности.
4.3. Характеристики инжекционных лазеров.

Раздел №5

Устройства управления

5.1. Электрооптический амплитудный модулятор.
5.2. Волоконно-оптический коммутатор. Его основные характеристики.

Раздел №6

Волоконно-оптические усилители и регенераторы

6.1. Регенераторы.
6.2. Волоконно-оптические усилители на волокне, активированном эрбием, на фтористом волокне. Их характеристики.
6.3. Шумы оптических усилителей.

Раздел №7

Приёмники оптического излучения

7.1. Типы приёмников.
7.2. Фотодиоды Шотки.
7.3. Pin-фотодиоды.
7.4. Лавинные фотодиоды.

5. Образовательные технологии, в том числе технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе обучения используются следующие образовательные технологии:

Вводная лекция – дает первое целостное представление о дисциплине и ориентирует студента в системе изучения данной дисциплины. Студенты знакомятся с назначением и задачами курса, его ролью и местом в системе учебных дисциплин и в системе подготовки в целом. Дается краткий обзор курса, история развития науки и практики, достижения в этой сфере, имена известных ученых, излагаются перспективные направления исследований. На этой лекции высказываются методические и организационные особенности работы в рамках данной дисциплины, а также дается анализ рекомендуемой учебно-методической литературы.

Академическая лекция с элементами лекции-беседы – последовательное изложение материала, осуществляемое преимущественно в виде монолога преподавателя. Элементы лекции-беседы обеспечивают контакт преподавателя с аудиторией, что позволяет привлекать внимание студентов к наиболее важным темам дисциплины, активно вовлекать их в учебный процесс, контролировать темп изложения учебного материала в зависимости от уровня его восприятия.

Задействованы:

– интерактивная лекция.

Консультации – вид учебных занятий, являющийся одной из форм контроля самостоятельной работы студентов. На консультациях по просьбе студентов рассматриваются наиболее сложные моменты при освоении материала дисциплины, преподаватель отвечает на вопросы студентов, которые возникают у них в процессе самостоятельной работы.

Асинхронная консультация (в рамках онлайн курса) – занятие по окончанию модуля, на котором проводится консультация по изученному материалу, формам заданий текущего контроля, ответы на вопросы студентов по дисциплине.

В процессе обучения используются следующие технологии электронного обучения и дистанционные образовательные технологии:

Электронный учебный курс «Введение в оптическую связь» в LMS Электронный университет Moodle ЯрГУ, в котором:

- осуществляется проведение отдельных мероприятий текущего контроля успеваемости студентов;
- представлен список учебной литературы, рекомендуемой для освоения дисциплины;
- представлена информация о форме и времени проведения консультаций по дисциплине в режиме онлайн;
- посредством форума осуществляется синхронное и (или) асинхронное взаимодействие между обучающимися и преподавателем в рамках изучения дисциплины;
- представлены правила прохождения аттестации по дисциплине.

6. Перечень лицензионного и (или) свободно распространяемого программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

для формирования материалов для текущего контроля успеваемости и проведения промежуточной аттестации, для формирования методических материалов по дисциплине:

- программы Microsoft Office;
- издательская система LaTex;
- Adobe Acrobat Reader.

7. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (при необходимости)

В процессе осуществления образовательного процесса по дисциплине используются:

Автоматизированная библиотечно-информационная система «БУКИ-NEXT» http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php

8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (при необходимости), рекомендуемых для освоения дисциплины

а) основная литература

1. Пуговкин, А. В. Основы построения инфокоммуникационных сетей и систем : учебное пособие для вузов / А. В. Пуговкин, Д. А. Покаместов, Я. В. Крюков. — 2-е изд., перераб. и доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 176 с. — ISBN 978-5-8114-5905-6. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/156402
2. Шарангович, С. Н. Многоволновые оптические системы связи : учебное пособие / С. Н. Шарангович. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 120 с. — ISBN 978-5-8114-3540-1. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/115521
3. Варданян, В. А. DWDM-SCM-PON-сети : монография / В. А. Варданян. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 304 с. — ISBN 978-5-8114-4615-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/136176
4. Фокин, В. Г. Гибкие оптические сети : учебное пособие для вузов / В. Г. Фокин, Р. З. Ибрагимов. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 252 с. — ISBN 978-5-8114-6954-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/169799

б) дополнительная литература

1. Хамадулин, Э. Ф. Методы и средства измерений в телекоммуникационных системах : учебное пособие для вузов / Э. Ф. Хамадулин. — Москва : Издательство Юрайт, 2021. — 365 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-9916-5976-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: https://urait.ru/bcode/488633
2. Игнатов, А.Н., Оптоэлектроника и нанофотоника: учеб. пособие для вузов / А. Н. Игнатов, СПб. : Лань, 2011, 538с.

3. Горлов Н. И. Волоконно-оптические линии передачи: методы и средства измерений параметров. / Н. И. Горлов, И. В. Богачков - М. : Радиотехника, 2009. 188 с.

в) ресурсы сети «Интернет»

1. Электронная библиотека учебных материалов ЯрГУ (http://www.lib.uniyar.ac.ru/opac/bk_cat_find.php).

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине включает в свой состав специальные помещения:

- учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа;
- учебные аудитории для проведения групповых и индивидуальных консультаций,
- учебные аудитории для проведения текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы;
- помещения для хранения и профилактического обслуживания технических средств обучения.

Специальные помещения укомплектованы средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа к электронной информационно-образовательной среде ЯрГУ.

Автор:

Старший преподаватель кафедры инфокоммуникаций и радиофизики		А.А. Афонин
должность, ученая степень	*подпись*	*И.О. Фамилия*

Приложение №1 к рабочей программе дисциплины
«Введение в оптическую связь»

Фонд оценочных средств для проведения текущей и промежуточной аттестации студентов по дисциплине

1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

1.1 Контрольные задания и иные материалы, используемые в процессе текущей аттестации

Задания для самостоятельной работы

Задания по теме № 2 «Основы распространения оптических волн в световодах»

Реферат на тему «Оптическое волокно с отрицательной дисперсией». Объём: 3-5 страниц текста с иллюстрациями и характеристиками.

Задания по теме № 3 «Каналы волоконно-оптической связи»

Письменная работа «Исследование волоконно-оптической линии связи рефлектометром». Требуется кратко (не менее 1, но не более 2-х страниц) описать методику, включая схему эксперимента, оборудование, последовательность действий и трактовку результатов.

Задания по теме № 4 «Источники оптического излучения»

Эссе на тему «Светодиод и лазерный диод как источники сигнала для оптической системы связи». Требуется в форме эссе описать достоинства и недостатки каждого из источников и указать особенности их использования. Объём – 1-2 страницы.

Задания по теме № 5 «Устройства управления»

Письменная работа. Проанализировать различные типы оптических коммутаторов. Изучить принципы их работы. Сравнить характеристики современных устройств, выпускаемых промышленностью.

Задания по теме № 6 «Волоконно-оптические усилители и регенераторы»

1. Изучить принцип работы оптического усилителя на фтористом волокне.
2. Изучить принцип работы регенератора.
3. Выполнить письменную работу на одну из тем на выбор:
   - Реферат на тему «Оптические усилители, их виды и принципы работы». Объём: 3-5 страниц текста с иллюстрациями и характеристиками.
   - Письменная работа «Сравнение характеристик усилителя на фтористом волокне с усилителем на волокне с примесями эрбия». Требуется кратко (не более 2-х страниц), но аргументированно изложить сравнительный анализ усилителей с численными примерами.
   - Реферат на тему «Характеристики современных регенераторов». Объём: 3-5 страниц текста с иллюстрациями и характеристиками.
   - Письменная работа: «Регенераторы и оптические усилители. Сравнение характеристик». Требуется кратко (не более 2-х страниц), но аргументированно изложить сравнительный анализ усилителей с численными примерами.

– Письменная работа «Оптические усилители, их виды и принципы работы». Требуется кратко (не более 2-х страниц), но аргументированно изложить сравнительный анализ усилителей с численными примерами.

Задания по теме № 7 «Приёмники оптического излучения»

1. Изучить и проанализировать характеристики современных приёмо-передающих устройств оптических линий связи, выпускаемых промышленностью. Изложить результаты в форме письменной работы объёмом 1,5-2 страницы.

2. Подготовить проект заказа оборудования для оптической линии связи на современном оборудовании по предложенному техническому заданию.

Критерии оценивания заданий для самостоятельной работы

Критерий	**Пороговый уровень (на «удовлетворительно»)**	**Продвинутый уровень (на «хорошо»)**	**Высокий уровень (на «отлично»)**
Полнота изложения	Тема раскрыта на 50 и более %	Изложение почти полное, без ошибок, не хватает отдельных элементов и тонкостей	Изложение безошибочное и исчерпывающее
Ссылки на источники	Расставлены	Расставлены в правильных местах	Расставлены в правильных местах
Изложение	Компиляция из отрывков	Пересказ с анализом	Пересказ с анализом и выводами
Оформление	Визуальное приемлемое	По ГОСТ 7.32-2001 (в сокращённой форме)	По ГОСТ 7.32-2001 (в сокращённой форме)
Представлен реферат			
Объём	Не менее 3-х страниц содержательного текста	Не менее 3-х страниц содержательного текста с примерами, рисунками, характеристиками	Не менее 3-х страниц содержательного текста с примерами, рисунками, характеристиками
Представлена письменная работа или эссе			
Объём	Минимальный или избыточный	От 1 до 2 страниц содержательного текста	От 1 до 2 страниц содержательного текста

2. Список вопросов и (или) заданий для проведения промежуточной аттестации

Список вопросов к зачёту

1. Принцип работы лазера. Расходимость луча.
2. Принцип работы лазера. Резонатор.
3. Принцип работы лазера. Условие генерации.
4. Зонная структура полупроводника. Условие генерации полупроводникового лазера.
5. Принцип работы лазера на гомо-p-n-переходе.
6. Гетеро-p-n-переход. Эффекты, возникающие в нем. Устройство ДГС-лазера.
7. Пороговая плотность тока инжекционного ДГС-лазера.
8. Гетеролазеры с раздельным электронным и оптическим ограничением (РОДГС-лазеры). Гетеролазеры с распределенной обратной связью (РОДГС РОС-лазеры).
9. Приборы управления лазерным излучением. Электрооптические эффекты.
10. Приборы управления лазерным излучением. Магнитооптические и пьезооптические эффекты.
11. Изменение показателя преломления при электрооптическом эффекте на примере кристалла KDP.
12. Электрооптический амплитудный модулятор.
13. Электромагнитная волна в анизотропной среде.
14. Оптические свойства гармонического осциллятора. Вещественная и мнимая составляющая показателя преломления.
15. Распространение электромагнитной волны в волноводе.
16. Распространение волнового пакета в диспергирующей среде. Фазовая и групповая скорости. Линейное и квадратичное приближение дисперсии.
17. Энергия электромагнитной волны в диспергирующей среде.
18. Волоконно-оптические каналы передачи информации. Лучевая теория передачи сигналов по световодам.
19. Типы волоконных волноводов. Причины затухания сигналов в световодах. Дисперсия одномодового и многомодового волокон.
20. Конструкция волоконно-оптического кабеля. Классификация одномодового волокна в соответствии с дисперсионными характеристиками. Профиль показателя преломления.
21. Определения функциональных параметров пассивных оптических устройств.
22. Неразъемные соединения и оптические разъемы. Типы оптических разъемов.
23. Разветвители. Аттенюаторы. Изоляторы. Фильтры на основе дифракции.
24. Фильтры на основе интерференции (Фабри-Перо, Маха-Цендера, решетка Брэгга, волоконно-оптическая решетка Брэгга).
25. Мультиплексирование и демультиплексирование.
26. Волоконно-оптические усилители, их характеристики.
27. Волоконный лазерный усилитель. Рамановское усиление.
28. Приёмники оптических сигналов. Характеристики.
29. Фотодиод Шотки.
30. pin-фотодиод.
31. Лавинный фотодиод.

3. Описание процедуры выставления оценки

Для успешного освоения дисциплины обязательно:

- выполнение заданий самостоятельных работ (являются формой текущей аттестации).

Правила выставления оценки на зачёте

В билет включается один теоретический вопрос. На подготовку к ответу дается не менее 0,5 часа.

По итогам зачёта выставляется одна из оценок: «зачтено», «не зачтено».

Критерии оценивания ответов на вопросы билета

Критерий	Пороговый уровень (на «зачтено»)
Соответствие ответа вопросу	Хотя бы частичное (*не относящееся к вопросу не подлежит проверке*)
Наличие примеров	Имеются отдельные примеры
Содержание ответа	Понятийные вопросы изложены с классификациями, проблемные с постановкой проблемы и изложением различных точек зрения. Имеются ошибки или пробелы.