

ЕЛЕЦКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им. И.А. БУНИНА

  
«УТВЕРЖДАЮ»  
Директор института математики, естествознания и техники  
\_\_\_\_\_  
/Н.В.Черноусова/

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Б1.О.04.09 Оптические системы передачи

**Направление подготовки:** 11.03.01 Радиотехника

**Направленность (профиль):** Интеллектуальные радиотехнические системы

**Квалификация (степень):** бакалавр

**Форма обучения:** очная, очно-заочная

**Институт:** математики, естествознания и техники

**Кафедра:** физики, радиотехники и электроники

	очная форма	очно-заочная форма	заочная форма
Курс	3	4	-
Семестр/триместр	6	В,С	-

Лекции	36	10	-
Лабораторные занятия	36	14	-
Практические (семинарские) занятия	-	-	-
в т.ч. практическая подготовка	-	-	-
Консультации	-	-	-
Форма(ы) промежуточной аттестации	зачет с оценкой	зачет с оценкой	-
Контроль	-	-	-
Иные формы работы	-	-	-
Самостоятельная работа	108	156	-

**Всего часов:** 180

**Трудоемкость:** 5 зачетных единиц.

Разработчик(и) рабочей программы:

кандидат физико-математических, доцент \_\_\_\_\_ Кузнецов Д.В.

## I. ОРГАНИЗАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКИЙ РАЗДЕЛ

**Цель изучения дисциплины:** изучение принципов передачи информации по оптическому волокну (ОВ), основных свойств ОВ как среды распространения, элементов оптического тракта передачи, принципов формирования и приема оптических сигналов, изложение основных направлений развития данной области.

### Задачи изучения дисциплины:

- дать студенту глубокие и систематизированные знания об основных аспектах функционирования и расчета оптических систем передачи информации;
- ознакомить студента с особенностями, критериями и основными практическими приемами при проектировании оптических систем передачи информации;
- подготовить будущих инженеров для работы в области оптических систем передачи.

**Место дисциплины в структуре ОПОП:** Дисциплина Б1.О.04.09 Оптические системы передачи реализуется в рамках модуля 4 «Предметно-содержательный» обязательной части ОПОП.

### Планируемые результаты обучения по дисциплине:

Код компетенции	Индикаторы достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине
<b>ОПК-1</b> Способен использовать положения, законы и методы естественных наук и математики для решения задач инженерной деятельности	<b>Знать:</b> определения основных понятий; понимает связи между различными математическими, информационными объектами; основные факты, концепции, принципы теорий, связанных с прикладной математикой и информатикой; методы решения математических задач, методах анализа и оценки полученного решения;	<b>Знает:</b> - основные закономерности распространения света по оптическому волокну (ОВ), основные параметры ОВ, типы ОВ; - основные свойства параметров источников излучения и приемников (фотодетекторов) оптического сигнала, методы формирования оптических сигналов; - принципы построения цифровых, аналоговых, когерентных ВОСП и систем передачи с волновым уплотнением; - принципы измерения параметров и диагностики ВОСП.
	<b>Уметь:</b> применять базовые понятия естественных наук, математики и информатики в научно-исследовательской деятельности; строить модель решения задачи; может аргументировать выбор	<b>Умеет:</b> - рассчитывать возможную скорость передачи для заданного типа ОВ; - оценивать основные параметры волоконнооптических систем передачи.

	<p>метода решения задачи; оценивать достоверность полученного решения задачи; критически осмысливать полученные знания; найти несколько методов решения задачи, выбрать из них оптимальный; применять методы решения задач в незнакомых ситуациях</p>	
	<p><b>Владеть:</b> терминологией предметной области знания; навыками поиска, интерпретации и анализа полученной информации; пониманием границ применения математических методов, методов анализа и оценки современных научных достижений в области математики и информатики</p>	<p><b>Владеет:</b> - методами оценки основных показателей качества оптических радиоэлектронных систем передачи; - навыками изучения режимов работы и условий эксплуатации радиоэлектронного оборудования; - навыками построения радиоэлектронных оптических систем передачи информации и их подсистем (модемов и кодеков) с учетом современных тенденций.</p>
<p><b>ОПК-3</b> Способен применять методы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации из различных источников и баз данных, соблюдая при этом основные требования информационной безопасности</p>	<p><b>Знать:</b> современные принципы поиска, хранения, обработки, анализа и представления в требуемом формате информации</p>	<p><b>Знает:</b> - принцип действия, функциональные схемы, конструктивные устройства основных узлов аппаратуры; - порядок преобразования сигнала, принципы построения ВОСП; - основные технические характеристики, функциональные схемы, конструкцию современной аппаратуры ЦВОСП</p>
	<p><b>Уметь:</b> решать задачи обработки данных с помощью современных средств автоматизации; использовать информационно-коммуникационные технологии при поиске необходимой информации</p>	<p><b>Умеет:</b> - производить измерения основных параметров каналов и трактов ВОСП; - анализировать результаты измерения и устанавливать их соответствие действующим нормам; - читать структурные схемы и функциональные схемы основных узлов аппаратуры ЦВОСП;</p>
	<p><b>Владеть:</b> навыками обеспечения информационной безопасности</p>	<p><b>Владеет:</b> - навыками ведения мониторинга состояния волоконно-оптической системы.</p>

## II. СОДЕРЖАНИЕ И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

с указанием количества часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу

### Очная форма обучения

1	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
	<b>Раздел 1. «Волоконно-оптические системы передачи»</b>	<b>180</b>	<b>36</b>		<b>36</b>	<b>108</b>
1.	Тема 1. «Оптический диапазон ВОСП. Распространение света по ОВ. Параметры ОВ, классификация ОВ»	20	4		4	12
2.	Тема 2. «Параметры ОВ и скорость передачи. Градиентное, одномодовое волокно, потери»	20	4		4	12
3.	Тема 3. «Источники излучений, фотодетекторы»	20	4		4	12
4.	Тема 4. «Классификация ВОСП»	20	4		4	12
5.	Тема 5. «Шумы, кодирование, приемники цифровых сигналов»	20	4		4	12
6.	Тема 6. «ВОСП с волновым уплотнением, когерентные»	20	4		4	12
7.	Тема 7. «Усилители оптических сигналов. Пассивные элементы ВОСП»	20	4		4	12
8.	Тема 8. «Принципы и методы диагностики характеристик и параметров ВОСП»	20	4		4	12
9.	Тема 9. «Основные характеристики и маркировка современных оптических кабелей. Проектирование атмосферных оптических линий связи»	20	4		4	12
	<i>зачет с оценкой</i>					
	<i>Итого за 6 семестр</i>	180	36		36	108
	<b>ИТОГО:</b>	180	36		36	108

### Очно-заочная форма обучения

1	Наименование разделов и тем	Всего	Аудиторные занятия			Сам. раб.
			ЛК	ПЗ	ЛБ	
	<b>Раздел 1. «Волоконно-оптические системы передачи»</b>	<b>180</b>	<b>10</b>		<b>12</b>	<b>156</b>
1.	Тема 1. «Оптический диапазон ВОСП. Распространение света по ОВ. Параметры ОВ, классификация ОВ»	19	1		1	17
2.	Тема 2. «Параметры ОВ и скорость передачи. Градиентное, одномодовое волокно, потери»	19	1		1	17
3.	Тема 3. «Источники излучений, фотодетекторы»	19	1		1	17
4.	Тема 4. «Классификация ВОСП»	19	1		1	17
5.	Тема 5. «Шумы, кодирование, приемники цифровых сигналов»	19	1		2	17
6.	Тема 6. «ВОСП с волновым уплотнением, когерентные»	19	1		2	17
7.	Тема 7. «Усилители оптических сигналов. Пассивные элементы ВОСП»	19	1		2	17
8.	Тема 8. «Принципы и методы диагностики характеристик и параметров ВОСП»	19	1		2	17
9.	Тема 9. «Основные характеристики и маркировка современных оптических кабелей. Проектирование атмосферных оптических линий связи»	26	2		2	20
	<i>зачет с оценкой</i>					
	<i>Итого за В,С триместр</i>	180	10		14	156
	<b>ИТОГО:</b>	180	10		14	156

**Заочная форма обучения (не реализуется)**

### **III. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Текущая аттестация проводится в форме контрольной работы.

#### **Типовой вариант контрольной работы**

1. ЭМВ с длиной волны 1 км относятся к  
а) радиоволнам б) видимому свету в) инфракрасному излучению г) рентгеновскому
2. ЭМВ с длиной волны 10 мкм относятся к  
а) радиоволнам б) видимому свету в) инфракрасному излучению г) рентгеновскому
3. ЭМВ с длиной волны 0.55 мкм относятся к  
а) радиоволнам б) видимому свету в) инфракрасному излучению г) рентгеновскому
4. В современной волоконной оптике используется  
а) радиоволны б) рентгеновское излучение в) инфракрасное излучение г) гамма излучение
5. Для передачи информации по оптическому волокну требуется  
а) источник излучения б) приемник излучения в) ни а) ни б) г) и а) и б)
6. К достоинствам оптического излучения по сравнению с радиодиапазоном для целей передачи информации относится  
а) более высокая скорость передачи информации излучением б) высокая информационная емкость оптического канала информации в) использование для передачи информации по оптическому каналу электронов г) и б) и в)
7. Область физики, изучающая методы усиления и генерации электромагнитного излучения, основанные на использовании явления вынужденного излучения в неравновесных квантовых системах, а также свойства получаемых таким образом усилителей и генераторов и их применения в электронных приборах называется  
а) оптоэлектроникой б) квантовой электроникой в) наноэлектроникой г) оптикой
8. Какое из обозначений соответствует излучательному прибору?  
а) КТ315А б) КД252В в) АЛ102В г) КП103Ж
9. Оптическое излучение, воздействующее на сетчатку глаза, принято характеризовать  
а) энергетическими параметрами б) фотометрическими параметрами в) электрическим током, возникающим в рецепторах глаза под действием оптического излучения г) а) и б)
10. Относительная функция видности среднего человеческого глаза имеет максимум на длине волны  
а) 343 мкм б) 444 мкм в) 555 мкм г) 777 мкм
11. Чему равен телесный угол для полусферы?  
а)  $4\pi$  ср б)  $3\pi$  ср в)  $2\pi$  ср г)  $\pi$  ср
12. Монохроматическое излучение длиной волны 555 мкм через площадку S переносит оптическое излучение 0.0032 Вт, это соответствует световому потоку в  
а) 5 лм б) 3 лм в) 2 лм г) 1 лм

13. Световому потоку в 1 лм на длине волны 620 нм соответствует значение функции видности 0.381, пользуясь значением механического эквивалента света вычислите  $A=0.0016$  Вт/лм определите мощность монохроматического излучения для этой длины волны, обеспечивающую такой световой поток  
а) 1.5 мВт б) 3.5 мВт в) 5.55 мВт г) 4.2 мВт
14. Световому потоку в 5 лм, распространяющемуся в пределах телесного угла  $\pi/2$  ср соответствует сила света  
а)  $10\pi$  Кд б)  $10/\pi$  Кд в)  $2.5\pi$  Кд г)  $12\pi$  кКд
15. На площадь 2 квадратных метра падает световой поток 10 лм, освещенность равна  
а) 5 лк б) 0.2 лк в) 20 лк г) 40 лк
16. Светимость ламбертовского источника равна 12 лм/м<sup>2</sup> его яркость равна  
а) 12 кд/ м<sup>2</sup> б)  $12\pi$  кд/ м<sup>2</sup> в)  $12/\pi$  кд/ м<sup>2</sup> г) 22 кд/ м<sup>2</sup>
17. Единице измерения люкс в системе СИ соответствует физическая величина  
а) сила света б) освещенность в) яркость г) светимость
18. Величина равная отношению энергии излучения, переносимой излучением к времени переноса этого излучения называется  
а) потоком излучения б) световым потоком в) энергетической светимостью г) облученностью поверхности
19. В качестве основных цветов Международной комиссией по освещению приняты  
а) красный желтый зеленый б) желтый зеленый синий в) красный зеленый синий г) белый черный красный
20. Доминирующая длина волны  $\lambda_g$  в световом излучении определяет  
а) цветность излучения б) цветовой тон излучения в) насыщенность цвета г) координаты цвета
- 21 Идеальной монохроматической ЭМВ отвечает уравнение  
а)  $\vec{E} = \vec{E}_0 f(wt + kx)$  б)  $\vec{E} = \vec{E}_0 / .f(wt + kx)$  в)  $\vec{E} = \vec{E}_0 wk \cdot f(wt + kx)$  г) а) и б)
22. Какой из материалов относится к непрямозонным материалам?  
а) ZnSe б) GaP в) GaN г) CdS
23. Какие из указанных материалов пригодны для изготовления фотоприемников  
а) Al б) Au в) Ge г) Si
24. Какой механизм генерации излучения реализуется в полупроводниках?  
а) эффект термоэлектронной эмиссии б) эффект генерации электронно-дырочных пар в) эффект рекомбинации г) эффект фотолюминисценции
25. Что называют числовой апертурой?  
а) диаметр сердцевины волокна б) диаметр оболочки волокна в) корень квадратный из суммы показателей преломления сердцевины и оболочки г) корень квадратный из разности показателей преломления сердцевины и оболочки

Промежуточная аттестация обучающихся осуществляется в форме экзамена с использованием следующих оценочных материалов:

**Вопросы к экзамену  
6 семестр, очная  
семестр С, очно-заочная**

1. Фазовая и групповая скорости. Энергия световой волны.
2. Свет на границе раздела. Закон Снеллиуса.
3. Уравнения Френеля. Угол Брюстера. Полное внутреннее отражение.
4. Прохождение света через апертуры.
5. Дифракция. Интерференция.
6. Планарные волноводы.
7. Волноводные моды.
8. Эффективный показатель преломления.
9. Модовые скорости.
10. Схема мод.
11. Распределение поля в моде.
12. Дисперсия.
13. Цилиндрические волноводы.
14. Угол захвата и числовая апертура.
15. Моды цилиндрического волновода. Число мод. Структура мод.
16. Одномодовые волокна. Схема мод. Гауссова мода.
17. Потери в оптических волокнах. Потери на поглощение.
18. Рассеяние. Релеевское рассеяние. Бриллюэновское рассеяние. Рамановское рассеяние.
19. Потери на изгибах. Межмодовая связь. Моды оболочки.
20. Дисперсия в оптических волокнах. Градиентные волокна.
21. Межмодовая дисперсия. Материальная дисперсия. Волноводная дисперсия. Дисперсия поляризационных мод. Суммарная дисперсия.
22. Волоконно-оптические системы связи.
23. Мультиплексирование сигнала. Формат данных.
24. Временное разделение сигнала. Частотное разделение сигнала.
25. Бюджет мощности в волоконно-оптических линиях. Чувствительность приемника.
26. Максимальная длина волокна.
27. Оптическая передача данных в свободном пространстве.
28. Флуктуации атмосферы.
29. Колебание конструкций. Максимальная дальность передачи.

**IV. ПЕРЕЧЕНЬ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ**

**4.1. Основная литература**

1. Давыдов, В.Н. Физические основы оптоэлектроники: учебное пособие / В.Н. Давыдов ; Министерство образования и науки Российской Федерации. - Томск : ТУСУР, 2016. - 139 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ре-



сурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480763> (Дата обращения 01.09.2021).

2. Щапова, И.А. Основы оптоэлектроники и лазерной техники: учебное пособие / И.А. Щапова. - 3-е изд., стереотип. - Москва : Издательство «Флинта», 2017. - 235 с. - Библиогр. в кн. - ISBN 978-5-9765-0040-4 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=103827> (Дата обращения 01.09.2021).

#### 4.2. Дополнительная литература

1. Давыдов, В.Н. Физические основы оптоэлектроники: учебное пособие / В.Н. Давыдов ; Министерство образования и науки Российской Федерации, Томский Государственный Университет Систем Управления и Радиоэлектроники (ТУСУР). - Томск : ТУСУР, 2013. - 139 с. : ил., схем. - Библиогр. в кн. ; То же [Электронный ресурс]. - URL: <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480528> (Дата обращения 01.09.2021).

### V. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№ пп	Ссылка на информационный ресурс	Наименование разработки в электронной форме	Доступность
1.	<a href="https://infourok.ru/">https://infourok.ru/</a>	<b>Инфоурок:</b> образовательный интернет-проект России. Включает: конспекты уроков, презентации, тесты, видеоуроки и другие материалы по предметам школьной программы.	Свободный доступ
2.	<a href="http://edu.ru/">http://edu.ru/</a>	<b>Российское образование: Федеральный портал.</b> Включает ссылки на порталы и сайты образовательных учреждений; государственные образовательные стандарты; нормативные документы; каталог экскурсий и обучающих программ.	Свободный доступ
3.			

### VI. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ

1.	<a href="http://www.biblioclub.ru">http://www.biblioclub.ru</a>	Электронно-библиотечная система (ЭБС) Университетская библиотека онлайн	Регистрация через любой университетский компьютер. В дальнейшем предоставляется неограниченный индивидуальный доступ из любой точки, в которой имеется доступ к сети Интернет
----	---	--	--

2.	<a href="http://www.elibrary.ru">www.elibrary.ru</a>	Российский информационный портал в области науки, технологии, медицины и образования	Свободный доступ
----	--	--	------------------

## **VII. ЛИЦЕНЗИОННОЕ И СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМОЕ ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ**

При реализации учебной дисциплины применяется следующее лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

- Microsoft Windows;
- Microsoft Office;
- LibreOffice и др.

## **VIII. ОБОРУДОВАНИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Учебные занятия проводятся в аудиториях, укомплектованных специализированной мебелью, в том числе стационарными или переносными техническими средствами обучения (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Лабораторные занятия проводятся в лаборатории, оснащенной следующим оборудованием:

Лабораторный стенд «Оптоэлектроника»; Источник ЭДС; Миллиамперметры; Вольтметры; Амперметры; Набор электродов; Сосуд с электродами; Реостаты; Секундомер; Ключи; Магазин сопротивления; Гальванометры; Реохорды; Катушки; Сопротивления; ВУП-2М; ИПД-1; магазины сопротивлений; Магазины емкостей, модуль ФПЭ-11 осциллографы универсальные С1-71, осциллографы универсальные С1-73, Измеритель (ампервольтметр)

Самостоятельная работа проводится в кабинетах, оснащенных компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета.