

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы бакалавриата  
по направлению подготовки  
11.03.02 Инфокоммуникационные технологии и  
системы связи,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

### **Оптические телекоммуникационные системы**

Направление подготовки: 11.03.02                      Инфокоммуникационные  
технологии и системы связи

Направленность (профиль): Системы мобильной связи и сетевые  
технологии на транспорте

Форма обучения:    Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 170737  
Подписал: заместитель директора академии Паринов Денис  
Владимирович  
Дата: 22.01.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины «Оптические телекоммуникационные системы» является формирование у обучающихся компетенций в соответствии с требованиями самостоятельно утвержденного образовательного стандарта высшего образования (СУОС) по направлению подготовки бакалавриата «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Задачи дисциплины включают в себя получение знаний, умений и навыков в области построения и эксплуатации оптических телекоммуникационных систем связи

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ПК-10** - Способен эксплуатировать и развивать транспортные сети и сети передачи данных, включая спутниковые системы.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

принципы построения и функционирования цифровых волоконно-оптических систем передачи; методы расчета их основных параметров и характеристик;

### **Уметь:**

определять структуру и выбирать тип используемого оборудования оптических цифровых телекоммуникационных систем в зависимости от предъявляемых к ним технических требований;

### **Владеть:**

навыками по расчету основных параметров цифровых волоконно-оптических систем передачи.

## 3. Объем дисциплины (модуля).

### 3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 4 з.е. (144 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Сем. №7
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
Занятия семинарского типа	48	48

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 80 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля).

##### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	Введение Виды и классификация ЦВОСП. Краткие сведения о Взаимоуязвленной сети связи (ВСС) Российской Федерации. Обобщенная структурная схема оптических систем передачи. Одноволоконные и двухволоконные схемы организации двухсторонней связи. Приемопередатчик первичной ЦВОСП, устройство и назначение его узлов. Кодеки с линейной и нелинейной амплитудной характеристикой. Генераторное оборудование. Формирователь линейного сигнала, его структура и алгоритм работы
2	Цифровые волоконно-оптические линейные тракты (ЦВОЛТ) Особенности передачи сигналов по оптическим линейным трактам, методы модуляции и

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	демодуляции оптической несущей. Структура цифровых волоконно-оптических линейных трактов. Основные характеристики передающих (ПОМ) и приемных (ПрОМ) оптических модулей, оптических усилителей. Одноволоконные и двухволоконные схемы организации линейных трактов. Стыки ЦВОЛТ и цифровых каналов и трактов передачи.
3	<p><b>Принципы построения ЦВОСП</b></p> <p>Определение понятия цикла передачи. Структура цикла передачи первичной цифровой системы передачи. Сверхцикл передачи. Способы объединения цифровых потоков. Синхронное объединение потоков, понятие о временном сдвиге, структура оборудования синхронного временного группообразования (ВГ). Асинхронное объединение потоков, понятие о временной неоднородности, одно и двухстороннее согласование скоростей передачи объединяемых потоков. Фазовые флуктуации при ВГ. Иерархический принцип построения цифровых телекоммуникационных систем передачи. Плезиохронные цифровые иерархии (ПЦИ), их особенности. Параметры цифровых трактов ПЦИ и основного цифрового канала (ОЦК), нормирование параметров. Параметры канала ТЧ, организованного посредством цифровых систем передачи. Синхронная цифровая иерархия (СЦИ), принципы формирования транспортных структур СЦИ, особенности топологии сети СЦИ, принципы синхронизации сетевых элементов СЦИ и управления сетевыми элементами. Основные параметры трактов СЦИ.</p>
4	<p><b>Системы синхронизации ЦВОСП</b></p> <p>Виды синхронизации в ЦВОСП. Тактовая синхронизация, работа выделителя тактовой частоты (ВТЧ), фазовые флуктуации выделенного синхросигнала, способы улучшения параметров ВТЧ. Структурные схемы устройств выделения тактовой частоты резонансным методом и устройствами с ФАПЧ. Цикловая и сверхцикловая синхронизация. Принцип скользящего поиска синхросигнала. Пути повышения быстродействия системы цикловой синхронизации применением адаптивных приемников. Особенности работы подсистем синхронизации в системах передачи высших порядков. Структура адаптивного приемника синхросигнала.</p>
5	<p><b>Линейные коды ЦВОЛТ и скремблирование</b></p> <p>Общие сведения о кодировании сигналов в цифровых системах передачи. Линейные и стыковые коды. Требования к линейным кодам в ВОСП и критерии их выбора. Типы линейных кодов и их основные параметры. Линейные коды класса 1В2В. Коды NRZ, RZ, BI-L, BI-S. DBI, CMI, EP-1, EP-2, код Миллера, их алгоритмы образования, спектральные и временные характеристики. Цифровые суммы кодов и применения текущих цифровых сумм в алгоритмах контроля ошибок на линии. Области применения различных кодов класса 1В2В. Блочные коды mBnB, принципы их формирования и возможные алгоритмы образования. Характеристики блочных кодов, используемых в высокоскоростных волоконно-оптических системах связи. Преобразования стыковых и линейных кодов в ВОСП. Задача скремблирования и основные принципы построения скремблера. Псевдослучайные последовательности чисел и их свойства. Примитивные полиномы и генераторы псевдослучайных чисел на сдвиговых регистрах. Схемы скремблеров и дескремблеров.</p>
6	<p><b>Помехоустойчивость и оптимизация приема сигналов в ЦВОСП</b></p> <p>Методические основы расчета помехоустойчивости ВОСП. Шумы фотодетекторов на рпн-фотодиодах и лавинных фотодиодах. Шумы входных усилителей на биполярных и полевых транзисторах. Пороги чувствительности цифровых фотоприемных устройств. Вероятность ошибок при принятии решений в цифровых ФПУ при распределении шумов по нормальному закону. Квантовые шумы. Вероятности ошибок при распределении числа фотоэлектронов по закону Пуассона. Расчет помехоустойчивости и чувствительности цифровой ВОСП при учете различных составляющих шумов фотоприемного устройства. Квантовый предел. Вероятности ошибок при приеме оптических сигналов с флуктуирующей интенсивностью и условно - пуассоновском распределении числа фотоэлектронов. Использование оптимальных фильтров для минимизации межсимвольной интерференции. Структурная оптимизация приема сигналов приемником с прямым фотодетектированием в цифровых ВОСП с двоичной модуляцией интенсивности. Отношение правдоподобия и оптимальные алгоритмы обработки сигналов в случае гауссовых шумов. Оптимальные алгоритмы при шумах с пуассоновской статистикой. Оптимальные алгоритмы</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	обработки для цифровых ВОСП с сигналами равных энергий. Корреляционная обработка и линейная фильтрация в оптимальном приемнике биимпульсных сигналов в ВОСП. Примеры расчета волоконно-оптических систем связи при заданной вероятности ошибки приема.
7	<p><b>Аппаратура ЦВОСП</b></p> <p>Аппаратура ЦВОСП для местного, внутризонового и магистрального участков сети плезиохронной иерархии. Функциональные модули аппаратуры ЦВОСП: мультиплексоры, регенераторы, коммутаторы и др. Основные узлы отечественной аппаратуры ВОСП на основе ИКМ. Транспортная система SDH и ее элементы. Строение информационной сети. Основные информационные цифровые структуры SDH. Структура STM-N транспортных модулей. Секционные заголовки, их структура и назначение элементов. Принципы контроля ошибок передачи. Виртуальные контейнеры, ранги виртуальных контейнеров и их структура. Структура мультиплексирования в SDH. Формирование субблоков TU-n, административных блоков AUG, групп административных блоков AUG-n и транспортных модулей. Пример схемы формирования модуля STM-1. Процессы выравнивания в SDH и роль указателей в этих процессах. Сборка транспортных модулей STM-N. Примеры формирования STM-4, STM-16 . Функциональные модули сетей SDH.. Типы мультиплексоров, концентраторов, регенераторов и коммутаторов SDH сетей и принципы их использования. Аппаратная реализация основных функциональных модулей и их параметры. Топология сетей SDH. Методы защиты информационных потоков. Функциональная схема когерентной ВОСП. Когерентное оптическое детектирование. Гетеродинный и гомодинный прием. Системы с амплитудной, фазовой, частотной и поляризационной манипуляцией. Типы лазеров в когерентных ВОСП, основные требования к лазерам</p>
8	<p><b>Регенерация сигналов в ЦВОЛТ</b></p> <p>Принципы регенерации цифровых оптических сигналов. Помехи и искажения в каналах и трактах ЦВОСП. Структура линейного регенератора ЦВОЛТ. Применение оптических усилителей на участках регенерации. Помехоустойчивость линейного регенератора ЦВОЛТ при двухуровневом линейном кодировании. Оценка помехоустойчивости регенератора с использованием глаз-диаграммы. Основные рекомендации МСЭ-Т в области цифровой оптической связи. Распределение ошибок на национальных и международных участках цифровой сети, расчет удельного коэффициента ошибок. Нормирование фазовых флуктуаций. Энергетический потенциал ЦВОСП. Расчет длины участка регенерации ЦВОЛТ при ограничении затуханием и дисперсионными искажениями</p>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	Цифровые волоконно-оптические линейные тракты. Расчет параметров системы группирования цифровых потоков.
2	Линейные коды ЦВОЛТ и скремблирование. Кодирование в ВОСП. Кодирование в ВОСП.
3	Временное группообразование цифровых потоков Объединение и разделелние цифровых сигналов
4	Временное группообразование цифровых потоков Особенности передачи информации в потоке E1, E2
5	Временное группообразование цифровых потоков Особенности передачи информации в потоке E3, E4

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Принципы построения ЦВОСП. Определение понятия цикла передачи.
2	Линейные коды ЦВОЛТ и скремблирование. Преобразования стыковых и линейных кодов в ВОСП. Задача скремблирования и основные принципы построения скремблера.
3	Помехоустойчивость и оптимизация приема сигналов в ЦВОСП. Расчет помехоустойчивости ВОСП.
4	Транспортная система SDH и ее элементы. Строеие информационной сети. Строеие информационной сети.
5	Транспортная система SDH и ее элементы Структура фрейма STM
6	Транспортная система SDH и ее элементы Особенности передачи информации
7	Транспортная система WDM и ее элементы Технология и особенности передачи
8	Транспортная система WDM и ее элементы Элементы транспортной системы и строеие сети

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Подготовка к практическим занятиям
2	Работа с лекционным материалом, литературой, самостоятельное изучение разделов (тем) дисциплины (модуля)
3	Выполнение курсовой работы.
4	Подготовка к промежуточной аттестации.
5	Подготовка к текущему контролю.

#### 4.4. Примерный перечень тем курсовых работ

Курсовая работа на тему: «Проектирование трактов ОЦТС на основе систем с временным, спектральным и частотным уплотнением каналов».

Исходные данные выбираются согласно варианту:

Проектируемый участок, станция/количество выделяемых волн:

1. Мармыж – Орел, Поныри / 4
2. Поныри – Ясногорск, Мценск / 5
3. Орел – Столбовая, Тула / 4
4. Щигры – Мценск, Еропкино / 5
5. Курск – Горбачево, Орел / 4
6. Еропкино – Тула, Горбачево / 5

7. Подольск - Орехово-Зуево, Панки / 4
8. Лазарево – Люблино, Серпухов / 5
9. Серпухов - Орехово-Зуево, УМЖД\* / 4
10. Ясногорск – Куровская, Столбовая / 5

Количество мультиплексов ввода-вывода:

четный вариант – один МВВ на проектируемый участок.

нечетный вариант – два МВВ на проектируемый участок.

Выбор оптического кабеля и характеристик ОВ:

четный вариант – ОКЛ

нечетный вариант – ОКБ-М

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Многоканальные телекоммуникационные системы ISBN 978-5-9912-0251-0 396 с. Гордиенко В.Н., Тверецкий М.С. Учебник Издательство "Горячая линия-Телеком" , 2017	<a href="https://e.lanbook.com/book/111046">https://e.lanbook.com/book/111046</a>
2	Оптические телекоммуникационные системы ISBN 978-5-9912-0146-9 368 с. Гордиенко В.Н., Крухмалев В.В., Моченов А.Д., Шарафутдинов Р.М. Учебник Издательство "Горячая линия-Телеком" , 2011	<a href="https://e.lanbook.com/book/5147">https://e.lanbook.com/book/5147</a>
3	Волоконно-оптические системы передачи ISBN 978-5-88814-770-2 299 с. Крухмалев В. В. Учебное пособие Ростовский государственный университет путей сообщения , 2016	<a href="https://e.lanbook.com/book/159396">https://e.lanbook.com/book/159396</a>

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

Информационный портал Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ([www.elibrary.ru](http://www.elibrary.ru));

Единая коллекция цифровых образовательных ресурсов (<http://window.edu.ru>);

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miiit.ru>);  
Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам;  
Электронно-библиотечная система издательства «Лань» – <http://e.lanbook.com/>;  
Электронно-библиотечная система [ibooks.ru](http://ibooks.ru) – <http://ibooks.ru/>;  
Электронно-библиотечная система «УМЦ» – <http://www.umczdt.ru/>;  
Электронно-библиотечная система «Intermedia» – <http://www.intermediapublishing.ru/>;  
Электронно-библиотечная система «BOOK.ru» – <http://www.book.ru/>;  
Электронно-библиотечная система «ZNANIUM.COM» – <http://www.znanium.com/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

Программное обеспечение для выполнения практических заданий включает в себя программные продукты общего применения: операционная система Windows, Microsoft Office 2003 и выше, Браузер Internet Explorer 8.0 и выше с установленным Adobe Flash Player версии 10.3 и выше, Adobe Acrobat

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

Для проведения аудиторных занятий и самостоятельной работы требуется:

1. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сети INTERNET.
2. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.
3. Компьютерный класс. Рабочие места студентов в компьютерном классе, подключённые к сети INTERNET
4. Для проведения практических занятий: компьютерный класс; компьютеры с минимальными требованиями.

Технические требования к оборудованию для осуществления учебного процесса с использованием дистанционных образовательных технологий:

колонки, наушники или встроенный динамик (для участия в аудиоконференции);

микрофон или гарнитура (для участия в аудиоконференции);  
веб-камеры (для участия в видеоконференции);  
для ведущего: компьютер с процессором Intel Core 2 Duo от 2 ГГц (или  
аналог) и выше, от 2 Гб свободной оперативной памяти.

#### 9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7 семестре.

Курсовая работа в 7 семестре.

#### 10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, доцент, к.н. Академии  
"Высшая инженерная школа"

И.А. Журавлев

Согласовано:

Заместитель директора академии

Д.В. Паринов

Председатель учебно-методической  
комиссии

Д.В. Паринов