

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 - программа специалитета
по специальности
23.05.05 Системы обеспечения движения поездов,
утвержденной директором РУТ (МИИТ) Манойло
Д.С.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Оптические телекоммуникационные системы

Специальность: 23.05.05 Системы обеспечения движения поездов

Специализация: Радиотехнические системы на железнодорожном 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: 669182
Подписал: руководитель образовательной программы
Кузьмин Владислав Сергеевич
Дата: 13.08.2026

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):

ОПК-2 - Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и использовать их для решения задач профессиональной деятельности;

ОПК-4 - Способен выполнять проектирование и расчет транспортных объектов в соответствии с требованиями нормативных документов;

ПК-1 - Способен организовывать и выполнять работы (технологические процессы) по монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и модернизации объектов системы обеспечения движения поездов на основе знаний об особенностях функционирования её основных элементов и устройств, а так же правил технического обслуживания и ремонта.

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

Знать:

требования нормативной документации при проектировании и эксплуатации оптических систем связи, принципы функционирования оптических сетей различного уровня, а также методы расчета их основных параметров и характеристик.

Уметь:

использовать современные информационные технологии при решении задач, связанных с проектированием оптических систем связи, а также определять структуру и выбирать тип используемого оборудования

оптических цифровых телекоммуникационных систем в зависимости от предъявляемых к ним технических требований;

выполнять работы по монтажу, эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту и модернизации оптических систем связи.

Владеть:

навыками проектирования и расчета основных параметров цифровых волоконно-оптических систем передачи с учетом особенностей их функционирования, а также правил технического обслуживания и ремонта.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 з.е. (108 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	Семестр №8
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	56	56
В том числе:		
Занятия лекционного типа	28	28
Занятия семинарского типа	28	28

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 52 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	Цифровые волоконно-оптические линейные тракты (ЦВОЛТ). Рассматриваемые вопросы: - виды и классификация ЦВОСП; - краткие сведения о Взаимоувязанной 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. - особенности передачи сигналов по оптическим линейным трактам, методы модуляции и 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.
2	Принципы построения ЦВОСП. Рассматриваемые вопросы: - 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.
3	Системы синхронизации ЦВОСП. Рассматриваемые вопросы: 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.
4	Линейные коды ЦВОЛТ и скремблирование. Рассматриваемые вопросы: - общие сведения о кодировании сигналов в цифровых системах передачи; - линейные и стыковые коды; - требования к линейным кодам в ВОСП и критерии их выбора;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- типы линейных кодов и их основные параметры; - линейные коды класса 1B2B. 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 1B2B. - 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.
5	Помехоустойчивость и оптимизация приема сигналов в ЦВОСП. Рассматриваемые вопросы: - методические основы расчета помехоустойчивости ВОСП; - шумы фотодетекторов на pin-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 распределения 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 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.
6	Аппаратура ЦВОСП. Рассматриваемые вопросы: - 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;

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- 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.
7	Регенерация сигналов в ЦВОЛТ. Рассматриваемые вопросы: - 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.

4.2. Занятия семинарского типа.

Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Принципы построения ЦВОСП. Рассматриваемые вопросы: - определение понятия цикла передачи.
2	Линейные коды ЦВОЛТ и скремблирование. Рассматриваемые вопросы: - кодирование в ВОСП. - преобразования стыковых и линейных кодов в ВОСП; - задача скремблирования и основные принципы построения скремблера.
3	Помехоустойчивость и оптимизация приема сигналов в ЦВОСП. Рассматриваемые вопросы: - расчет помехоустойчивости ВОСП.

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
4	Временное группообразование цифровых потоков. Рассматриваемые вопросы: - объединение и разделение цифровых сигналов. - особенности передачи информации в потоке Е1, Е2. - особенности передачи информации в потоке Е3, Е4.
5	Цифровые волоконно-оптические линейные тракты. Рассматриваемые вопросы: - расчет параметров системы группирования цифровых потоков.
6	Транспортная система SDH и ее элементы. Рассматриваемые вопросы: - строение информационной сети. - структура фрейма STM. - особенности передачи информации.
7	Транспортная система WDM и ее элементы. Рассматриваемые вопросы: - технология и особенности передачи. - элементы транспортной системы и строение сети.

4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Работа со справочной и специальной литературой
2	Подготовка к практическим занятиям
3	Подготовка к промежуточной аттестации.
4	Подготовка к текущему контролю.

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

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Гордиенко, В. Н. Многоканальные телекоммуникационные системы : учебник / В. Н. Гордиенко, М. С. Тверецкий. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2017. — 396 с. — ISBN 978-5-9912-0251-0.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/111046 (дата обращения: 10.07.2024).
2	Оптические телекоммуникационные системы : учебник / В. Н. Гордиенко, В. В. Крухмалев, А. Д. Моченов, Р. М. Шарафутдинов ; под редакцией В. Н. Гордиенко. — Москва : Горячая линия-Телеком, 2011. — 368 с. — ISBN 978-5-9912-0146-9.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/5147 (дата обращения: 10.07.2024).

3	Крухмалев, В. В. Волоконно-оптические системы передачи : учебное пособие / В. В. Крухмалев. — Ростов-на-Дону : РГУПС, 2016. — 299 с. — ISBN 978-5-88814-770-2.	Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/159396 (дата обращения: 10.07.2024).
---	--	---

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);

Научно-техническая библиотека РУТ (МИИТ) (<http://library.miit.ru>);

Поисковые системы «Яндекс», «Google» для доступа к тематическим информационным ресурсам;

Электронно-библиотечная система издательства «Лань» (<http://e.lanbook.com/>);

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).

1. Программное обеспечение для выполнения практических заданий включает в себя специализированное прикладное программное обеспечение MathCad, а также программные продукты общего применения

2. Программное обеспечение для проведения лекций, демонстрации презентаций и ведения интерактивных занятий: Microsoft Office 2003 и выше.

3. Программное обеспечение, необходимое для оформления отчетов и иной документации: Microsoft Office 2003 и выше.

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

Для проведения аудиторных занятий и самостоятельной работы требуется:

1. Интерактивный комплекс опережающей подготовки инженерных кадров на основе современных цифровых технологий "Радиоканальные

системы регулирования и управления движением поездов" (Специализированное образовательное пространство)

2. Рабочее место преподавателя с персональным компьютером, подключённым к сети INTERNET.

3. Специализированная лекционная аудитория с мультимедиа аппаратурой и интерактивной доской.

4. Компьютерный класс. Рабочие места студентов в компьютерном классе, подключённые к сети INTERNET

5. Для проведения практических занятий: компьютерный класс; компьютеры.

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 8 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

доцент, к.н. кафедры «Автоматика,
телемеханика и связь на
железнодорожном транспорте»

О.Н. Маликова

Согласовано:

Руководитель образовательной
программы

В.С. Кузьмин

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов