

1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины «Оптические телекоммуникационные системы» является формирование у обучающихся компетенций в соответствии с требованиями образовательного стандарта базового высшего образования по направлению подготовки 11.03.02 «Инфокоммуникационные технологии и системы связи».

Задачи дисциплины являются:

- изучение основ оптики;
- анализ структуры и характеристик оптических волокон;
- изучение методов модуляции и демодуляции сигналов;
- изучение систем усиления оптических сигналов.

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:

- виды и принципы функционирования транспортных сетей и сетей передачи данных, включая спутниковые системы, принципы построения 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;

- эксплуатировать транспортные сети и сети передачи данных, включая спутниковые системы.

Владеть:

- навыками развития транспортных сетей и сетей передачи данных, включая спутниковые системы, а также 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 | Семестр №7 |
| Контактная работа при проведении учебных занятий (всего): | 48 | 48 |
| В том числе: | | |
| Занятия лекционного типа | 16 | 16 |
| Занятия семинарского типа | 32 | 32 |

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 96 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 Рассматриваемые вопросы: - 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; |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|----------|--|
| | - кодеки с линейной и нелинейной амплитудной характеристикой; - генераторное оборудование. Формирователь линейного сигнала, его структура и алгоритм работы. |
| 2 | <p>Цифровые волоконно-оптические линейные тракты (ЦВОЛТ)</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. |
| 3 | <p>Принципы построения ЦВОСП</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. |
| 4 | <p>Системы синхронизации ЦВОСП</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</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>Линейные коды ЦВОЛТ и скремблирование</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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; |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|----------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 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. |
| 6 | <p>Помехоустойчивость и оптимизация приема сигналов в ЦВОСП</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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. |
| 7 | <p>Аппаратура ЦВОСП</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - аппаратура ЦВОСП для местного, внутризонового и магистрального участков сети плезихронной 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; |

| № п/п | Тематика лекционных занятий / краткое содержание |
|----------|--|
| | <ul style="list-style-type: none"> - 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. |
| 8 | <p>Регенерация сигналов в ЦВОЛТ</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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 | <p>Принципы построения ЦВОСП.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - основы оптической связи; - типы оптических волокон; - модуляция и демодуляция сигналов; - определение понятия цикла передачи. |
| 2 | <p>Линейные коды ЦВОЛТ и скремблирование.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - преобразования стыковых и линейных кодов в ВОСП; - задача скремблирования и основные принципы построения скремблера. |
| 3 | <p>Помехоустойчивость и оптимизация приема сигналов в ЦВОСП.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - типы помех; - методы оценки помехоустойчивости; - оптимизация приема сигналов; - технологии модуляции и кодирования; - расчет помехоустойчивости ВОСП. |
| 4 | <p>Транспортная система SDH и ее элементы.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> - структура иерархии SDH, включая основные уровни (STM-1, STM-4, STM-16 и т.д.) - управление и мониторинг сетей SDH; |

| № п/п | Тематика практических занятий/краткое содержание |
|----------|---|
| | - схемы защиты и восстановления данных, которые реализуются в SDH; - строение информационной сети. |
| 5 | Транспортная система SDH и ее элементы Рассматриваемые вопросы: - структура фрейма STM. |
| 6 | Транспортная система SDH и ее элементы Рассматриваемые вопросы: - особенности передачи информации. |
| 7 | Транспортная система WDM и ее элементы Рассматриваемые вопросы: - технология и особенности передачи. |
| 8 | Транспортная система WDM и ее элементы Рассматриваемые вопросы: - архитектура системы WDM, мультиплексоры, демупльтиплексоры и оптические усилители; - виды WDM (например, CWDM, DWDM) и в чем их отличия; - реализация схем защиты и восстановления данных в WDM-системах; - элементы транспортной системы и строение 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 курсового проекта. |
| 4 | Подготовка к промежуточной аттестации. |
| 5 | Подготовка к текущему контролю. |

4.4. Примерный перечень тем курсовых проектов

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, Поньри / 4
2. Поньри – 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. Лазорево – 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 | 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. | https://e.lanbook.com/book/111046 |
| 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. | https://e.lanbook.com/book/5147 |
| 3 | Перин, А. С. Оптические цифровые телекоммуникационные системы : учебно-методическое пособие / А. С. Перин, С. Н. Шарангович. — Москва : ТУСУР, 2018. — 114 с. | https://e.lanbook.com/book/313025 |

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» для доступа к тематическим информационным ресурсам;
Электронно-библиотечная система издательства «Лань» – <http://e.lanbook.com/>;
Электронно-библиотечная система «УМЦ» – <http://www.umczdt.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 проведения занятий семинарского типа включает в себя программные продукты общего применения: операционная система Windows, пакет Microsoft Office, браузер с установленным Adobe Flash Player, Adobe Acrobat или его аналог.

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

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, оснащенные компьютерной техникой и наборами демонстрационного оборудования.

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 7 семестре.

Курсовой проект в 7 семестре.

10. Оценочные материалы.

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

Авторы:

руководитель образовательной
программы

А.С. Киселёва

Согласовано:

Директор

Д.В. Паринов

Руководитель образовательной
программы

А.С. Киселёва

Председатель учебно-методической
комиссии

Д.В. Паринов