**КАЗАХСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ им.аль-Фараби**

**Факультет \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

**Образовательная программа по специальности «\_\_\_\_\_\_\_»**

|  |  |
| --- | --- |
|  | Утверждено на заседании Ученого совета  \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ факультета  Протокол №\_\_\_от « \_\_\_\_»\_\_\_\_\_\_\_ 2013 г.  Декан факультета \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ Давлетов А.Е. |

**СИЛЛАБУС**

**Модуль №\_** ИОТ 1 **IES 3305**   **«Волоконно-оптические линии связи»**

Курс 4, р/о, семестр 7, количество кредитов 3.

**Лектор:** Сванбаев Елдос Абугалиевич, к.ф.м.н., доцент, 8 775 846 4415, e-mail: eldos54@mail.ru , каб. 202:

**Преподаватель лекционные занятия:**

Сванбаев Елдос Абугалиевич, к.ф.м.н., доцент, 8 775 846 4415, e-mail: eldos54@mail.ru , каб. 202:

**Цель и задачи дисциплины:**

**Цель:**  Усвоение основных принципы работы различных видов оптических волноводов,

их характеристик и методов пердачи и приема оптических сигналов. Рассматриваются эксплуатационные характеристики оптических кабелей, их достоинства по сравнению с известными направляющими системами.

**Задачи:** изучение оптических направляющих сред и пассивных компонентов волоконно-оптических линий связи (ВОЛС) в объеме: современная оптическая связь, принципы построения волоконно-оптических сетей; оптические направляющие среды передачи (ОНСП); основы теории ОНСП; оптическое волокно (ОВ); типы ОВ и его основные характеристики; пассивные компоненты ВОЛС; разъемные и неразъемные соединители; оптические разветвители; оптические изоляторы; электромагнитные влияния на ВОЛС и меры защиты; проектирование магистральных, внутризоновых и местных ВОЛС; современные методы строительства ВОЛС.

**Компетенции (результаты обучения):** В результате изучения дисциплины студент должен

- иметь представление о наиболее перспективных направлениях развития ВОЛС и применяемых в них компонентах;

- знать современные тенденции развития оптических линий связи, конструкции и характеристики направляющих оптических систем и пассивных компонентов, основы технической эксплуатации линейных сооружений связи;

- уметь использовать полученные знания для расчета основных технических характеристик ВОЛС и их проектирования с учетом требований быстродействия, надежности, технологичности и удобства технической эксплуатации.

- приобрести навыки работы с оптическим волокном, методами его монтажа. Иметь

опыт работы с приборами и аппаратурой по настройке и испытанию ОК.

**Пререквизиты:** Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами в процессе изуче-

ния следующих дисциплин: Физика. Электромагнитные поля и волны. Теория электрической

связи. Основы физической и квантовой оптики.

.

**Постреквизиты:** Пректирование оптических устройств управления и связи. «Оптические системы передачи», «Измерения в оптической связи» и др

**СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Неделя | Название темы | Кол-во часов | Максимальный балл |
| **Модуль 1** | | | |
| 1 | **1 лекция** Введение  Предмет и задачи курса. Краткий обзор истории развития ВОЛС. Мировой уровень развития оптической связи. Рекомендуемая литература. | 1 | 2 |
| **1 практичесое занятие.** Расчет апертуры волноводов. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 2 | **2 лекция** Классификация линий связи. Оценка средств передачи информации с использованием электрических направляющих систем и ВОЛС. Основные характеристики симметричных кабелей, витой пары, коаксиального кабеля. Области применения каждого. Технико-экономическое сравнение направляющих систем. | 1 | 2 |
| **2 практичесое занятие** Оценка средств передачи информации с использованием систем и ВОЛС. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 3 | **3 лекция** Общие принципы построения сетей связи ВCC. Первичная и вторичная сеть. Магистральная и зоновая связь. ВОЛС как совокупность пассивных и активных технических устройств: оптические передатчики (лазеры и светодиоды) и оптические приемники (фотодиоды), согласующее устройство и назначение и основные характеристики. Аналоговые и цифровые ВОЛС. | 1 | 2 |
| **3 практичесое занятие** Расчет потерь в пассивных технических устройствах**.** | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 4 | **4 лекция** Классификация оптических волноводов (ОВ). Принцип работы и физические процессы в ОВ. Основные положения многомодовой и  одномодовой лучевой оптики при распространении света по ОВ. | 1 | 2 |
| **4 практичесое занятие** Расчет параметровступенчатого ОВ. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 5 | **5 лекция** Оптические волокна и их  характеристики. Геометрические параметры ОВ. Профиль показателя преломления. Ступен-  чатое и градиентное ОВ. Числовая апертура. | 1 | 2 |
| **5 практичесое занятие** Расчет параметровградиентного ОВ. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 6 | **6 лекция** Волновое уравнение электромагнитного поля для ступенчатого волновода. Дисперсионное уравнение. Характеристики распространения и типы направляемых мод. Критическая частота. Определение числа мод. Фазовая и групповая скорости. Волновое сопротивление. | 1 | 2 |
| **6 практичесое занятие** Определение числа мод ступенчатого ОВ. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 7 | **7 лекция** Моды сердцевины, оболочки и моды утечки. Распределение энергии между сердечником и оболочкой. Особенности распространения в многомодовых градиентных и одномодовых ОВ. | 1 | 2 |
| **7 практичесое занятие** Определение числа мод градиентного ОВ. | 2 | 4 |
|  |  |  |
| **АБ 1** |  |  |
| **1 Рубежный контроль** |  | **30** |
| **Модуль 2 IІ тақырыптық блок** | | | |
| 8 | **8 лекция** Потери в материале в ОВ, поглощение и рассеяние. Окна прозрачности и диапазон  длин волн. Три вида поглощения: собственное поглощение, примесное, обусловленное де-  фектами атомарной структуры. | 1 | 2 |
| **8 практичесое занятие** Расчет потерь в материале ОВ. | 2 | 2 |
| 9 | **9 лекция** Рассеяние: Релея, Ми, нелинейное рассеяние. Потери в неоднородностях. Кабельные потери. Затухание за счет макро и микроизгибов. Радиационная стойкость, как фактор потерь. | 1 | 2 |
| **9 практикалық) сабақ** Расчет потерь в материале ОВ при рассеянии Релея. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 10 | **10 лекция** Жартылайөткізгіштік фотоэлементтердің вольтампрелік және энергетикалық сипаттамалары. | 1 | 2 |
| **10 практичесое занятие**Оптикалық интерферометрия. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 11 | **11 лекция** Дисперсия и полоса пропускания ОВ. Виды дисперсии. Межмодовая, материальная, и внутримодовая (волноводная) дисперсия. Поляризационная модовая дисперсия. | 1 | 2 |
| **11 практичесое занятие** Расчѐт дисперсии одномодовых и многомодовых световодов. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 12 | **12 лекция** Влияние дисперсии на передачу сигналов по ОВ. Переходные и частотные характеристики одномодовых и многомодовых световодов. Пропускная способность ОВ. | 1 | 2 |
| **12 практичесое занятие** Расчетчастотных характеристик одномодовых световодов. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 13 | **13 лекция** Технология изготовления и материалы ОВ. Основные классы материалов для изготовления ОВ. Основные группы технологических процессов изготовления ОВ. Вытягивание оптического волокна из расплавов. | 1 | 2 |
| **13 практичесое занятие** Расчетчастотных характеристик многомодовых световодов. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 14 | **14 лекция** Устройства ввода излучения .  Источники излучения. Прохождение через торец.  Возбуждение коллимированным пучком. Эффективность ввода света в ОВ. Чувствительность устройства к механическим рассогласованиям. | 1 | 2 |
| **14 практичесое занятие Расчет э**ффективности ввода света в ОВ. | 2 | 2 |
|  |  |  |
| 15 | **15 лекция** Разъѐмные и неразъемные соединения.  Соединение и сращивание ОВ. Потери, связанные с Френеллевским отражением. Характеристики сростков и соединений. Соединение плавлением.  Механическое соединение. Типы коннекторов. |  | 1 |
| **15 практичесое занятие** Расчет потерь в коннекторах. |  | 1 |
|  |  |  |
|  |  |  |
| **2 Рубежный контроль** |  | **30** |
|  | **Экзамен** |  | **40** |
|  | **ВСЕГО** |  | **100** |

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

**Основная литература**

1. Ефанов В.И. Электрические и волоконно-оптические линии связи: учеб. пособие / В.И.

Ефанов. 2-е изд., доп. – Томск : ТУСУР, 2007. - 256 с. (20)

2. Портнов Э.Л. Оптические кабели связи: Конструкции и характеристики : Учебное пособие

для вузов. - М. : Горячая линия-Телеком, 2002. - 232 с. : ил.

3. Ефанов В.И., Направляющие системы электросвязи (ч.2 «Волоконно-оптические линии

связи»): учебное пособие – Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. –

163 с. (20)

**Дополнительная литература**

4. Ефанов В.И. Оптические направляющие среды и пассивные компоненты волоконно-

оптических линий связи: методические указания к самостоятельной работе. – Томск:

ТУСУР, 2009. – 41 с. (20)

5. Ефанов В.И. Сборник задач по курсу «Оптические направляющие среды и пассивные ком-

поненты волоконно-оптических линий связи». – Томск.: ТУСУР, 2007. -50 с. (20)

6. В. И. Ефанов. Оптические направляющие среды и пассивные компоненты волоконно-

оптических линий связи: методические указания к лабораторному практикуму. – Томск:

ТУСУР, 2008. – 67 с. (20)

7. Ефанов В.И. Проектирование волоконно-оптических линий связи. Учебно-методическое

пособие для выполнению курсового проекта по дисциплине «Оптические линии связи и пас-

сивные компоненты ВОЛС» – Томск.: ТУСУР, 2007. -100 с. (20)

8. Ефанов В.И. Проектирование, строительство и эксплуатация ВОЛС: учебное пособие –

Томск : Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2007. – 103 с. (20)

9. Портнов Э.Л. Принципы построения первичных сетей и оптические кабольные линии свя-

зи: Учебное пособие для вузов. – М: Горячая линия-Телеком, 2009. – 544с.: ил. (5)

10. Волоконно-оптическая техника: современное состояние и новые перспективы. 3-е изд.,

перераб. и доп. / сб. статей под ред. Дмитриева С.А. и Слепова Н.Н. М.: Техносфера, 2010. –

608 с.

11. Ксенофонтов С.Н., Портнов Э.Л. Направляющие системы электросвязи. Сборник задач:

Учебное пособие для вузов. – М.: Горячая линия-Телеком, 2004. – 268 с.: ил.

12. Р. Фриман Волоконно-оптические системы связи 3-е дополнительное издание Москва:

Техносфера, 2006. -496с.

13. Семенов А.Б. Волоконно-оптические подсистемы современных СКС /Семенов А.Б. –

М.:Академия АйТи; ДМК Пресс, 2007. -632с.+88 цв.ил.

14. Р.Р. Убайдуллаев. Волоконно-оптические сети. М. ЭКО-ТРЕНДЗ, 2000-277с..

АКАДЕМИЧЕСКАЯ Политика курса

Все виды работ необходимо выполнять и защищать в указанные сроки. Студенты, не сдавшие очередное задание или получившие за его выполнение менее 50% баллов, имеют возможность отработать указанное задание по дополнительному графику. Студенты, пропустившие лабораторные занятия по уважительной причине, отрабатывают их в дополнительное время в присутствии лаборанта, после допуска преподавателя. Студенты, не выполнившие все виды работ, к экзамену не допускаются. Кроме того, при оценке учитывается активность и посещаемость студентов во время занятий.

будьте толерантны, уважайте чужое мнение. Возражения формулируйте в корректной форме. Плагиат и другие формы нечестной работы недопустимы. Недопустимы подсказывание и списывание во время сдачи СРС, промежуточного контроля и финального экзамена, копирование решенных задач другими лицами, сдача экзамена за другого студента. Студент, уличенный в фальсификации любой информации курса, несанкционированном доступе в Интранет, пользовании шпаргалками, получит итоговую оценку «F».

За консультациями по выполнению самостоятельных работ (СРС), их сдачей и защитой, а также за дополнительной информацией по пройденному материалу и всеми другими возникающими вопросами по читаемому курсу обращайтесь к преподавателю в период его офис-часов.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Оценка по буквенной системе | Цифровой эквивалент баллов | %-ное содержание | Оценка по традиционной системе |
| А | 4,0 | 95-100 | Отлично |
| А- | 3,67 | 90-94 |
| В+ | 3,33 | 85-89 | Хорошо |
| В | 3,0 | 80-84 |
| В- | 2,67 | 75-79 |
| С+ | 2,33 | 70-74 | Удовлетворительно |
| С | 2,0 | 65-69 |
| С- | 1,67 | 60-64 |
| D+ | 1,33 | 55-59 |
| D- | 1,0 | 50-54 |
| F | 0 | 0-49 | Неудовлетворительно |
| I  (Incomplete) | - | - | «Дисциплина не завершена»  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| P  (Pass) | **-** | **-** | «Зачтено»  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| NP  (No Рass) | **-** | **-** | «Не зачтено»  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| W  (Withdrawal) | - | - | «Отказ от дисциплины»  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| AW  (Academic Withdrawal) |  |  | Снятие с дисциплины по академическим причинам  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| AU  (Audit) | - | - | «Дисциплина прослушана»  (*не учитывается при вычислении GPA)* |
| Атт. |  | 30-60  50-100 | Аттестован |
| Не атт. |  | 0-29  0-49 | Не аттестован |
| R (Retake) | - | - | Повторное изучение дисциплины |

*Рассмотрено на заседании кафедры*

*протокол № \_\_ от « \_\_ » \_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ г.*

**Зав.кафедрой**

**Лектор**

**Краткий обзор истории развития ВОЛС**. Место и роль опти-

ческих направляющих сред передачи в современных системах связи. Мировой уровень развития оптической связи. Существующие и строящиеся ВОЛС.

**Классификация линий связи**. Сравнительная оценка средств передачи информации с

использованием электрических направляющих систем и ВОЛС. Основные характеристики симметричных кабелей, витой пары, коаксиального кабеля. Области применения каждого.

**Структура волоконно-оптической линии связи** . Общие принципы построения сетей связи ВCC. Магистральная и зоновая связь. ВОЛС как совокупность пассивных и активных технических устройств: оптические передатчики (лазеры и светодиоды) и оптические приемники (фотодиоды).

**Основы теории оптических направляющих сред.**

Классификация оптических волноводов (ОВ) . Принцип работы и физические процессы в ОВ. Основные положения многомодовой и одномодовой лучевой оптики при распространении света по ОВ. Профиль показателя преломления. Ступенчатое и градиентное ОВ. Числовая апертура.

**Волновое уравнение электромагнитного поля**. Дисперсионное уравнение. Характеристики распространения и типы направляемых мод. Критическая

частота. Определение числа мод. Фазовая и групповая скорости. Волновое сопротивление. Моды сердцевины, оболочки и моды утечки.

**Затухание сигналов в ОВ.**.Три вида поглощения: собственное поглощение, примесное, обусловленное дектами атомарной структуры. Рассеяние: Релея, Ми, нелинейное рассеяние. Потери в неоднородностях. Кабельные потери. Затухание за счет макро- и микроизгибов. Радиационная стойкость, как фактор потерь.

**Дисперсия и полоса пропускания ОВ** Виды дисперсии. Межмодовая, материальная, и внутримодовая (волноводная) дисперсия. Поляризационная модовая дисперсия. Расчѐт дисперсии одномодовых и многомодовых световодов. Влияние дисперсии на передачу сигналов по ОВ. Пропускная способность ОВ.

**Оптические характеристики одномодовых ОВ**. Основные типы и области применения одномодовых ОВ. Геометрические параметры, диаметр модового поля. Затухание и хроматическая дисперсия одномодового ОВ. Международные стандарты ITU-T, рек. G.652… G.655. Методы компенсации дисперсии. . Специальные типы одномодовых волокон.

**Технология изготовления и материалы ОВ**.

Основные классы материалов для изготовления ОВ. Основные группы технологиче-

ских процессов изготовления ОВ. Вытягивание оптического волокна из расплавов.

**Конструкции и характеристики ВОЛС.**

**Устройства ввода и приема излучения** . Возбуждение оптического волокна. Источники излучения. Прохождение через торец. Возбуждение коллимированным пучком. Устройства ввода излучения. Возбуждение с помощью линзы. Эффективность ввода света в ОВ.

**Разъѐмные и неразъемные соединения** . Соединение и сращивание ОВ. Требования к соединителям. Типы коннекторов. Потери, связанные с Френеллевским отражением. Характеристики сростков и соединений. Соединение плавлением. Механическое соединение. Эффект смещения сопрягаемых ОВ (радиальное, осевое, угловое смещение). Потери за счет различия числовых апертур и диаметра сердечника их неконцентричности и элептичности.