

**Федеральное агентство по образованию
Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования
Пермский государственный технический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Ректор ПГТУ

д-р техн. наук, проф.

_____ В.Ю. Петров

« ____ » _____ 2010г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА
ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ**

по дисциплине

**Конструкции и технологии волоконно-оптических элементов и
систем**

Форма обучения - очная

Трудоёмкость: 35 ауд. часов по рабочему учебному плану (РУП)

Виды контроля: экзамен.

Пермь, 2010 г.

Рабочая программа составлена на основании технического задания к договору оказания услуг № 2010/602 от 11 января 2010 г. между государственной корпорацией «Российская корпорация нанотехнологий» (сокращенное наименование - ГК «Роснано»)) и государственным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Пермский государственный технический университет».

Образовательная программа повышения квалификации одобрена методической комиссией факультета прикладной математики и механики «18» февраля 2010 г. протокол № 5.

Разработчики:	д-р техн. наук, проф. ПГТУ	А.И. Цаплин
	к. ф.-м.н, с.н.с. НЦВО ИРЭ РАН	М. И. Беловолов
Рецензент	директор института фотоники и оптоэлектронного приборостроения ПГТУ, д.т.н, проф.	В.П. Первадчук
Председатель методической комиссии факультета ПММ	к.т.н., доцент	С.П. Катаев
Согласовано:		
Начальник УМУ	к.т.н., доцент	А.Н. Данилов

1. Цели и задачи образовательной программы

1.1 Цель – систематическое изучение конструкции и технологии волоконно-оптических элементов и систем.

1.2. Категория обучаемых: инженеры-исследователи, инженеры-технологи, инженеры-конструкторы и инженеры-операторы с базовым образованием по следующим специальностям: радиофизика и электроника, физика конденсированного состояния, измерительно-вычислительные комплексы, кабельная техника, композиционные материалы.

1.3. Предметом изучения дисциплины являются следующие объекты:

- волоконно-оптические элементы;
- волоконные линии связи;
- локальные сети и мировая сеть связи;
- волоконные световоды;
- оптические поля, генерируемые источниками излучения (лазерные и суперлюминесцентные диоды, волоконные лазеры и широкополосные источники); --
- конструкции и технологии изготовления ВОЛС;
- оптические сигналы, непрерывные и дискретные сообщения;
- теорема Котельникова;
- ошибки и сигнал/шум в оптическом канале связи;
- иерархия скоростей в цифровых ВОЛС;
- волоконные элементы, расширяющие возможности ВОЛС (направленные ответвители и мультиплексоры, поляризаторы, оптические изоляторы, циркуляторы);
- компоненты волоконно-оптических линий связи (передатчики, приемники, волоконные кабели, оптические соединители) и технологии их изготовления;
- волоконно-оптический ретранслятор;

- перспективы развития современных волоконно-оптических систем и элементов.

1.4 Место дисциплины в профессиональной подготовке выпускников:

данная дисциплина является специальной, изучается на основе дисциплины «Теоретические основы волоконной и интегральной оптики».

2. Квалификационные требования к результатам освоения содержания дисциплины

2.1 Базовые и специальные компетенции:

Компетенции	№	Формулировка
Базовые умения и навыки (БУН)	3	Знание свойств наноструктурированных световодов, физических и химических свойств наноматериалов
	5	Знание основных технологических процессов получения световодов типа Панда, наноструктурированных световодов и знание основных понятий, законы и модели физики, химии и механики кварцевого стекла.
Специальные умения и навыки (СУН)	30	Умение формировать технические задания для вспомогательных элементов (электронных, механических, программных) лазерных систем
	31	Навыки разработки программного обеспечения на базе нейронных сетей
	32	Навыки разработки программного обеспечения вейвлет преобразований под управлением ОС TPS320 BIOS Texas Instruments

В результате изучения дисциплины обучаемый должен

в пределах компетенций 3, 5:

- **иметь представления** о конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических элементов и систем;

- **знать** конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических элементов и систем;

- **уметь** анализировать конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических элементов и систем;

- **владеть** навыками разработки конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических элементов и систем;

- **иметь навыки** применения на практике разработки конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических элементов и систем;

- **в пределах компетенций 30, 31, 32:**

- **иметь представления** о современных программных продуктах для расчета волоконно-оптических систем;

- **знать** программные продукты для расчета волоконно-оптических систем;

- **уметь** пользоваться программными продуктами;

- **владеть** программными продуктами;

- **иметь навыки** применения на практике программных продуктов для расчета волоконно-оптических систем.

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 3.1

№	Виды учебной работы	Кол-во часов
п.п.		

1	Аудиторная работа	35
2	Лекции (ЛК)	27
	Практические занятия (ПЗ)	4
	Лабораторные занятия (ЛЗ)	4
3	Самостоятельная работа	10
4	Самостоятельное изучение теоретического материала	10
5	Вид контроля (промежуточный)	Тестирование экзамен
6	Трудоемкость дисциплины (всего)	50

4. Содержание дисциплины

4.1. Обязательный минимум содержания дисциплины

Таблица 4.1

Индекс	Содержание дисциплины (дидактические единицы, установленные вузом)	Всего часов
	<p>Волоконные линии связи, локальные сети и мировая сеть связи. Волоконные световоды как каналы оптической связи. Помехозащищенность ВОЛС. Потенциальные физические возможности волоконно-оптической связи.</p> <p>Оптические поля, генерируемые источниками</p>	35

	<p>излучения (лазерные и суперлюминесцентные диоды, волоконные лазеры и широкополосные источники). Обзор конструкций и технологий изготовления. Ограничения по мощности оптических сигналов в ВОЛС. Идеальный и реальные фотоприемники (PIN-фотодиоды, лавинные и др.).</p> <p>Минимальная обнаруживаемая мощность и квантовый предел обнаружения оптических сигналов. Непрерывные и дискретные сообщения. Теорема Котельникова. Вероятность ошибки и сигнал/шум в оптическом канале связи. Иерархия скоростей в цифровых ВОЛС.</p> <p>Волоконные элементы, расширяющие возможности ВОЛС (направленные ответвители и мультиплексоры, поляризаторы, оптические изоляторы, циркуляторы). Компоненты волоконно-оптических линий связи (передатчики, приемники, волоконные кабели, оптические соединители) и краткий обзор технологий их изготовления. Волоконно-оптический ретранслятор. Достижения и перспективы развития современных волоконно-оптических систем и элементов.</p>	
Итого		35

4.2. Разделы, темы и виды занятий (тематический план)

Таблица 4.2

№ ОУ М	Номер раздела	Номер темы дисципл ины	Количество часов (очная форма обучения)						
			аудиторная работа					Самостоя- тельная работа (СР)	Всего
			вс ег о	Лк	П З	Л Р	друг ие вид ы		
Mod 1		Тема1.	5	5					5
		Тема 2.	10	6	2	2			10
		Тема 3.	8	6	2				8
		Тема 4.	8	6		2			8
		Тема 5.	4	4					4
		Экзамен							
Итого			35	27	4	4			35

4.3. Содержание разделов учебной дисциплины Конструкции и технологии волоконно-оптических элементов и систем

Тема 1. Волоконные линии связи. Лк – 5 часов, компетенции 3,5.

Основы функционирования волоконно-оптических кабелей связи. Преимущества ВОЛС перед традиционными видами связи; Физические принципы передачи информации по световодам.

Тема 2. Волоконные световоды как каналы оптической связи. Лк – 6 часов, ПЗ – 2 ч, ЛР – 2 ч, компетенции 3,5, 30, 31, 32.

Измерения оптических волокон. Виды измерений на ВОЛС и применяемые приборы; Основы рефлектометрии; Определитель места обрыва кабеля (практика); Оптический рефлектометр (практика); Оптический тестер (практика).

Тема 3. Источники излучения. Обзор конструкций и технологий изготовления. Лк – 6 часов, ПЗ – 2 ч, компетенции 3,5, 30, 31, 32.

Электромагнитный спектр; Прохождение светового излучения через границу раздела сред; Распространение световых лучей в оптическом волокне, структура оптического волокна и его характеристики; Апертура оптического волокна; Профили волоконных световодов; Ограничения на распространение волн в оптических волокнах; Дисперсия световых волн; Влияние дисперсии на дальность передачи информации; Затухание оптического волокна; Типы и параметры оптических волокон; Внутренняя структура ВОК. Применяемые на ВОЛС виды ВОК; Виды соединений ОВ.

Тема 4. Компоненты волоконно-оптических линий связи

Лк – 6 часов, ЛР – 2 ч, компетенции 3,5, 30, 31, 32.

Активные и пассивные волоконно-оптические компоненты, оптоволоконный кабель. Оптические шнуры, монтажные шнуры, оптические кроссы, оптические адаптеры, разветвители и т.д. Оптический патч-корд. Монтажные и оптические пигтейлы. Оптические розетки. Создание разветвленной архитектуры сети. Оптические коробки. Оптические шкафы.

Тема 5. Достижения и перспективы развития современных волоконно-оптических систем и элементов. Лк – 4 ч, компетенции 3,5, 30, 31, 32.

Использование оптических усилителей. Проблема четырехволнового смешения. Разработка высокостабильные лазеры с узкой спектральной линией, а также спектральные мультиплексоры/демультиплексоры. Массовые локальные волоконно-оптические системы передачи. Использование многомодовых волоконных световодов. Проблема перепроизводства сетевой емкости

4.4. Темы практических занятий (4 часа)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Осваиваемые компетенции	Кол-во часов
1	1	Программные средства проектирования волоконно-оптических элементов и систем	3,5, 30, 31, 32	2
2	1	Автоматизация разработки технологии волоконно-оптических элементов и систем	3,5, 30, 31, 32	2

4.5. Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы	Осваиваемые компетенции	Кол-во часов
1	1	Рабочее место измерения параметров волоконно-оптических световодов	3,5, 30, 31, 32	2
2	1	Стенд для измерения	3,5, 30, 31, 32	2

		параметров широкополосных волоконных излучателей		
--	--	--	--	--

4.6. Виды самостоятельной работы студентов

4.6.1. Подготовка к аудиторным занятиям

4.6.2. Прохождение Интернет-тестирования назначенного преподавателем

4.6.3. Самостоятельное изучение теоретического материала (включая Интернет-тестирование) (10 часов)

Перечень вопросов для самостоятельного изучения

1. Элементная база волоконно-оптических линий связи (ВОЛС)
2. Характеристики ВОЛС (отечественных и зарубежных).
3. Применение компонентов ВОЛС в различных областях приборостроения (датчики, системы управления и пр.).
4. Изучение патентной документации на компоненты ВОЛС (по заданию преподавателя).
5. Основные этапы развития элементной базы ВОЛС.

5. Виды контроля

5.1. Виды промежуточного контроля

№ п.п.	Номер модуля	Наименование материалов контроля	Оцениваемые компетенции
1	мод. 1	Количество тестовых заданий не менее 20	3,5, 30, 31, 32

5.2. Вид итогового контроля: экзамен

6. Порядок проведения экзамена

Экзамен устанавливается как форма аттестации по дисциплине.

Экзамен охватывает содержание изучаемой дисциплины. Срок и место проведения экзамена планируется расписанием. Экзамен принимается преподавателем - лектором.

Обучаемый допускается к сдаче экзамена, если он выполнил полностью все виды работ, предусмотренные рабочей программой.

Результат сдачи экзамена оценивается по каждой компетенции отдельно по трем уровням освоения: пороговый, средний, высокий.

7. Программа экзамена

Волоконные линии связи, локальные сети и мировая сеть связи. Волоконные световоды как каналы оптической связи. Помехозащищенность ВОЛС. Потенциальные физические возможности волоконно-оптической связи.

Оптические поля, генерируемые источниками излучения (лазерные и суперлюминесцентные диоды, волоконные лазеры и широкополосные источники). Обзор конструкций и технологий изготовления. Ограничения по мощности оптических сигналов в ВОЛС. Идеальный и реальные фотоприемники (PIN-фотодиоды, лавинные и др.).

Минимальная обнаруживаемая мощность и квантовый предел обнаружения оптических сигналов. Непрерывные и дискретные сообщения. Теорема Котельникова. Вероятность ошибки и сигнал/шум в оптическом канале связи. Иерархия скоростей в цифровых ВОЛС.

Волоконные элементы, расширяющие возможности ВОЛС (направленные ответвители и мультиплексоры, поляризаторы, оптические изоляторы, циркуляторы). Компоненты волоконно-оптических линий связи (передатчики, приемники, волоконные кабели, оптические соединители) и краткий обзор

технологий их изготовления. Волоконно-оптический ретранслятор. Достижения и перспективы развития современных волоконно-оптических систем и элементов.

8. Контрольно-измерительные материалы

8.1. Вопросы для подготовки к экзамену

по компетенциям 3, 5, 30, 31, 32.

1. Волоконные линии связи, локальные сети и мировая сеть связи.
2. Волоконные световоды как каналы оптической связи. Параметры, применение.
3. Помехозащищенность ВОЛС.
4. Потенциальные физические возможности волоконно-оптической связи и их реализация.

5. Оптические поля, генерируемые источниками излучения
6. Лазерные диоды. Параметры, применение.
7. Суперлюминесцентные диоды. Параметры, применение.
8. Волоконные лазеры: конструкции и технологии.
9. Широкополосные волоконные источники излучения
10. Ограничения по мощности оптических сигналов в ВОЛС.
11. Идеальный и реальные фотоприемники. Основные их параметры.
12. PIN-фотодиоды. Параметры, применение.
13. Лавинные фотодиоды. Параметры, применение.
14. Минимальная обнаруживаемая мощность и квантовый предел обнаружения оптических сигналов.
15. Непрерывные и дискретные сообщения.
16. Теорема Котельникова.
17. Вероятность ошибки и сигнал/шум в оптическом канале связи..
18. Иерархия скоростей в цифровых ВОЛС.

19. Волоконные элементы, расширяющие возможности ВОЛС.
20. Направленные ответвители. Параметры, применение.
21. Мультиплексоры. Параметры, применение.
22. Оптические изоляторы. Параметры, применение.
23. Циркуляторы. Параметры, применение.
24. Компоненты волоконно-оптических линий связи.
25. Передатчики оптического излучения. Параметры, применение.
26. Приемники оптического излучения. Параметры, применение
27. Волоконные кабели. Параметры, применение
28. Оптические соединители. Конструкция, применение
29. Волоконно-оптический усилители. Параметры, применение
30. Системы связи со спектральным уплотнением (DWDM).
31. Системы связи «волокно до дома» (FTTH).
32. Достижения и перспективы развития современных волоконно-оптических систем и элементов.

8.2. Примеры тестовых заданий

по компетенциям 3, 5, 30, 31, 32.

Пермский государственный технический университет
Дисциплина **Физические основы волоконно-оптической связи и технологии
волоконно-оптических элементов и систем**

Число заданий: **20**, время тестирования **15** минут

1. Длина волны излучения в волоконно-оптических элементах и системах соответствует диапазону

1) ультрафиолетовых волн; 2) видимого света; 3) инфракрасных волн 4) рентгеновских лучей 5) гамма-лучей.

2. Длина волны излучения лазерного диода с распределенной обратной связью стабилизируется с помощью

1) поперечной насечки в районе р- п-перехода, образующей дифракционную решётку 2) стабилизации приложенного к р- п-переходу напряжения; 3) стабилизации тока через р- п-переход ; 4) увеличения ширины запрещённой зоны между энергетическими уровнями р- и п-областей полупроводника ; 5) увеличения площади р- п-перехода.

3. Суперлюминесцентные диоды отличаются от полупроводниковых лазерных диодов

1) потребляемой электрической мощностью; 2) средней длиной волны излучения; 3) конструкцией корпуса; 4) выходной мощностью; 5) отсутствием зеркал резонатора.

4. Волоконный лазер имеет одно из важных преимуществ перед обычными твердотельными:

1) нет необходимости в накачке; 2) нет необходимости в резонаторе; 3) нет необходимости в легировании активного элемента; 4) нет необходимости в юстировке резонатора;
5) нет необходимости в теплоотводе.

5. Реальный PIN – фотодиод во включенном состоянии в фотодетекторе при отсутствии фотонов

1) пропускает рабочий ток 2) пропускает ток утечки 3) работает как выпрямитель 4) пропускает ток смещения 5) не пропускает ток.

6. Лавинный фотодиод, в отличие от PIN-фотодиода,

1) усиливает фототок; 2) не регистрирует видимый свет; 3) не имеет р-п перехода; 4) не может применяться в инфракрасной области спектра; 5) обладает меньшей чувствительностью.

7. Теорема Котельникова отвечает на вопрос:

1) Возможна ли дискретизация непрерывного сигнала?; 2) Как нужно проводить дискретизацию непрерывного сигнала, чтобы обеспечить заданную скорость передачи информации?; 3) Возможно ли

преобразование дискретного сигнала в непрерывный и обратно?; 4) Какую информацию лучше передавать в виде непрерывного сигнала, а какую в виде дискретного? 5) Как нужно проводить дискретизацию непрерывного сигнала, чтобы не происходила потеря информации?

8. Направленный ответитель предназначен для

- 1) изменения направления распространения излучения; 2) для передачи части излучения из одного волновода в другой 3) изменения длины волны излучения в линии;
- 4) изменения состояния поляризации излучения; 5) компенсации дисперсии.

9. Мультиплексор – это:

- 1) устройство, позволяющее, с помощью пучков света с разными длинами волн и дифракционной решетки, передавать по одной коммуникационной линии одновременно несколько различных потоков данных; 2) устройство, позволяющее производить сложение пучков света с разными длинами волн 3) устройство, позволяющее производить умножение энергии пучков света с разными длинами волн 4) устройство, позволяющее с помощью дифракционной решетки производить разделение пучков света с разными длинами волн; 5) устройство, позволяющее производить сложение пучков света.

10. Оптический изолятор состоит из

- 1) ячейки Фарадея и деполяризатора; 2) поляризатора, ячейки Фарадея, анализатора (выходного поляризатора); 3) поляризатора, аттенюатора, анализатора (выходного поляризатора); 4) деполяризатора и вращателя поляризации; 5) ответителя, поляризатора и анализатора (выходного поляризатора).

11. Оптический циркулятор – это:

- 1) многополюсное устройство, в котором излучение, поступающее на входные полюса, распределяется между его выходными оптическими полюсами поровну; 2) многополюсное устройство, в котором излучение, поступающее на входные полюса, распределяется между его выходными оптическими полюсами заданным образом. 3) многополюсное устройство, которое позволяет направлять излучаемую мощность с одного полюса на

другой строго определенный полюс; 4) многополюсное устройство, в котором излучение, поступающее на входные полюса, суммируется и подается на выходной полюс; 5) многополюсное устройство, в котором излучение, поступающее на входной полюс, распределяется между его выходными оптическими полюсами.

12. Волоконно-оптические кабели, предназначенные для передачи информации на небольшие расстояния, обычно включают в себя световоды

1) однополяризационные; 2) одномодовые с ненулевой смещенной дисперсией; 3) анизотропные; 4) фоточувствительные; 5) многомодовые.

13. Основными параметрами волоконно-оптических соединителей являются:

1) Длина волны отсечки, диаметр модового поля; 2) коэффициент экстинкции, прямые и обратные потери; 3) рабочая длина волны, дисперсия и потери; 4) рабочая длина волны, прямые и обратные потери; 5) рабочая длина волны и диаметр модового поля.

14. Для оптических волоконных усилителей на длину волны 1550 нм обычно применяются волоконные световоды, легированные:

1) иттербием; 2) эрбием; 3) неодимом; 4) тулием; 5) висмутом.

15. В системах со спектральным уплотнением (DWDM) необходимо использовать источники излучения

1) монохроматические; 2) узкополосные; 3) широкополосные; 4) полупроводниковые; 5) перестраиваемые по длине волны.

16. Для выделения требуемой длины волны в системах со спектральным уплотнением используют

1) волоконные брэгговские решетки; 2) волоконные поляризаторы; 3) волоконные деполяризаторы; 4) модовые фильтры; 5) многомодовые световоды.

17. Увеличение мощности передающих систем в телекоммуникационных системах обычно ограничивается **нелинейностями, вызванными эффектом**

- 1) Фарадея; 2) Керра; 3) Саньяка; 4) Зеемана; 5) Поккельса.

18. Фотонно-кристаллические световоды (ФКС) в телекоммуникационных системах в настоящее время целесообразно использовать для создания

- 1) фотоприемников; 2) широкополосных источников излучения; 3) направленных ответвителей; 4) световодов для магистральных ВОЛС; 5) фоточувствительных световодов.

19. Материал световодной жилы ФКС с запрещенной зоной:

- 1) чистый кварц; 2) германатное стекло; 3) воздух; 4) легированный кварц; 5) боросиликатное стекло.

20. Основными методами изготовления ФКС в настоящее время являются технологии

- 1) вытяжка из капилляров, сверление; 2) MCVD, OVD; 3) FCVD, POD; 4) FCVD, VAD; 5) RIC, RIT;

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Рекомендуемая литература.

9.1.1. Основная литература

№ п.п.	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания
1	Иванов А.Б.	Волоконная оптика	Издательство: М.: Сайрус Системс Год:1999
2	Р. Фриман	Волоконно-оптические	М.: Техносфера,

		системы связи	2003
3	Убайдулаев А.В.	Волоконно-оптические сети	Эко-Трендз, 2000, 270 с.

9.1.2. Дополнительная литература

№ п.п.	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания
1	Гауэр Дж.	Оптические системы связи.	Радио и связь 1989
2	Бакланов И.Г.	Тестирование и диагностика систем связи	Эко-Трендз, 2001
	Ярив А.	Введение в оптическую электронику.	Высшая школа, 1983.

9.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

9.2.1. Компьютерные обучающие и контролирующие программы

№ п.п.	Вид учебного занятия	Наименование программного продукта	Назначение
1	Практические занятия	Simulink	Моделирование ВОЛС

9.2.2. Аудио- и видео-пособия используются

10. Материально-техническое обеспечение дисциплины

10.1. Специализированная учебная лаборатория (аудитория)

№ п.п.	Наименование и принадлежность помещения	Площадь (м ²)	Количество посадочных мест
1	Учебная аудитория для студентов направления - Фотоника и оптоинформатика	72	30

10.2. Основное учебное оборудование

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)	Кол-во, ед.	Год изготовления	Форма владения, пользования (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	№ аудитории
1.	Испытательный стенд для волоконных световодов		2006	аренда	ПН ПП К, корп. п. 9в
2.	Испытательный стенд для источников излучения				