

**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
Волоконно-оптические гироскопы**

Форма обучения - очная

Трудоёмкость: 40 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.т.н, доцент ПГТУ И.И. Крюков

Рецензент директор института фотоники и оптоэлектронного приборостроения ПГТУ Первадчук В.П.

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 гироскопов (ВОГ), освоение методик проектирования ВОГ, разработки технологических процессов изготовления компонентов ВОГ и сборки узлов и приборов, испытания ВОГ и систем на их основе.

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 гироскопы и их компоненты.

1.4 Место дисциплины в профессиональной подготовке выпускников:

данная дисциплина является специальной, изучается на основе дисциплин «Теоретические основы волоконной и интегральной оптики» и «Конструкции и технологии волоконно-оптических элементов и систем».

2. Квалификационные требования к результатам освоения содержания дисциплины

2.1 Базовые и специальные компетенции:

Компетенции	№	Формулировка
Базовые умения и	6	Знание основ конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов

навыки (БУН)	13	Навыки разработки конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов на волоконных световодах типа Панда и наноструктурированных световодах
Специальные знания (СЗ)	21	Знание о влиянии технологических параметров процесса изготовления волоконно-оптических гироскопов на его свойства и эффективность
	26	Умение решать организационные и технико-экономические вопросы, связанные с производством волоконных световодов и волоконно-оптических гироскопов на их основе
	28	Навыки проведения испытаний волоконных световодов типа Панда, наноструктурированных световодов и волоконно-оптических гироскопов

В результате изучения дисциплины обучаемый должен

в пределах компетенций 6, 13:

- **иметь представления** о конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов на волоконных световодах типа Панда и наноструктурированных световодах;

- **знать** конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов;

- **уметь** анализировать конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов;

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

- **иметь навыки** применения на практике разработки конструкции и технологии изготовления волоконно-оптических гироскопов на волоконных световодах.

в пределах компетенции 21, 26, 28:

- **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

№ п.п.	Виды учебной работы	Кол-во часов
1	Аудиторная работа	40
2	Лекции (ЛК)	30
	Практические занятия (ПЗ)	6
	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
	Теоретические основы построения ВОГ: принцип действия, варианты конструкции, виды модуляции. Программные средства проектирования ВОГ. Элементная база ВОГ: источники излучения, модуляторы, катушки. Электронные блоки ВОГ. Технология сборки ВОГ. Погрешности ВОГ и способы их компенсации. Калибровка и испытания ВОГ. Перспективы совершенствования ВОГ	40
	Итого	40

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

Таблица 4.2

№ ОУ	Номер раздела	Номер темы	Количество часов (очная форма обучения)		
			аудиторная работа	Самостоя-	Всего

М		дисциплины	вес	Л	П	ЛР	другие виды	тельная работа (СР)	
Mod 1		Тема 1	5	5	-	-	-		5
		Тема 2	5	5	-	-	-		5
		Тема 3	8	5	3	-	-		8
		Тема 4	8	5	3	-	-		8
		Тема 5	9	5	-	4	-		9
		Тема 6	5	5	-	-	-		5
		Экзамен							
Итого			40	30	6	4	–		40

4.3. Содержание разделов учебной дисциплины

Тема 1. по программе Волоконно-оптические гироскопы. Лк – 5 часов, компетенция 6, 13.

Теоретические основы построения ВОГ: принцип действия, варианты конструкции.

Тема 2. по программе Волоконно-оптические гироскопы. Лк – 5 часов, компетенции 6,13,21. Элементная база ВОГ: источники излучения, модуляторы, катушки. Электронные блоки ВОГ.

Тема 3. по программе Волоконно-оптические гироскопы. Лк – 5 часов, компетенции 6, 13,21. Фазовая модуляция в ВОГ. Программные средства проектирования ВОГ

Тема 4. по программе Волоконно-оптические гироскопы. Лк – 5 часов, компетенции 6, 13,21,26,28. Погрешности ВОГ и способы их компенсации.

Тема 5. по программе Волоконно-оптические гироскопы. Лк – 5 часов, компетенция 13. Технология сборки ВОГ. Калибровка и испытания ВОГ.

Тема 6. по программе Волоконно-оптические гироскопы. Лк – 5 часов, компетенции 6,13,21,26,28. ВОГ навигационного класса. Перспективы совершенствования ВОГ.

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 ВОГ	6,13,21	3
2	1	Погрешности ВОГ и способы их компенсации.	6,13,21,26,28	3

4.5. Темы лабораторных работ

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы лабораторной работы	Осваиваемые компетенции	Кол-во часов
1	1	Испытательный стенд для волоконно-оптических гироскопов	6,13,21,26,28	2
2	1	Намоточный станок	6,13,21,26,28	2

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 ВОГ
2. Характеристики ВОГ отечественных и зарубежных производителей.
3. Применение ВОГ в различных областях деятельности.
4. Изучение патентной документации на ВОГ (по заданию преподавателя).
5. Основные этапы развития технологии ВОГ: от макетов – до серии.

4.6.4. Подготовка к лабораторным работам

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	6,13,21,26,28

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

Волоконно-оптические гироскопы. Теоретические основы построения ВОГ: принцип действия, варианты конструкции, виды модуляции. Программные средства проектирования ВОГ. Элементная база ВОГ: источники излучения, модуляторы, катушки. Электронные блоки ВОГ. Технология сборки ВОГ. Погрешности ВОГ и способы их компенсации. Калибровка и испытания ВОГ. Перспективы совершенствования ВОГ

8. Контрольно-измерительные материалы

8.1. Вопросы для подготовки к зачету

по компетенциям 6, 13,21,26,28.

1. Эффект Саньяка и его применение в оптических гироскопах.
2. Принцип действия волоконно-оптического гироскопа (ВОГ).
3. Оценка предела точности ВОГ.
4. Структурная схема ВОГ (разомкнутая)
5. Компоненты ВОГ, их назначение и параметры.
6. Виды фазовой модуляции в ВОГ.
7. Синусоидальная фазовая модуляция в ВОГ (разомкнутая схема).
8. ВОГ с пьезомодулятором (цельноволокonnая схема).
9. ВОГ на изотропном световоде (схема с деполяризатором)
10. Структурная схема ВОГ на световодах с сохранением поляризации (замкнутая схема).
11. Аналоговая фазовая модуляция в ВОГ по замкнутой схеме.
12. Цифровая фазовая модуляция в ВОГ по замкнутой схеме.

13. Зона нечувствительности ВОГ, пути ее уменьшения.
14. Эффект Шьюпа, пути уменьшения вызываемого им дрейфа ВОГ.
15. Чувствительный контур ВОГ, конструкция, технология намотки.
16. Источник излучения для ВОГ – суперлюминесцентный диод (СЛД).
17. Источник излучения для ВОГ – суперфлуоресцентный волоконный (СВИ).
18. Интегрально-оптический фазовый модулятор (конструкция и технология).
19. Составляющие погрешности ВОГ, расчет точности ВОГ.
20. Температурная погрешность ВОГ и способы ее компенсации.
21. Устойчивость ВОГ к механическим воздействиям (вибрация, удар).
22. Электронные блоки ВОГ (назначение, элементная база).
23. Методика испытаний ВОГ различного применения.
24. ВОГ навигационного класса (обзор конструкций, перспективы развития).
25. ВОГ на анизотропных фотонно-кристаллических световодах (ФКС).
26. Перспективы применения в ВОГ сверхширокополосных источников излучения на ФКС.
27. ВОГ резонансного типа, на бриллюэновском рассеянии.
28. Моделирование ВОГ в пакете Simulink.
29. Расчет конструкции ВОГ в пакетах фирмы VPI.
30. Обработка результатов испытаний ВОГ.
31. Особенности применения ВОГ в БИНС.
32. Особенности применения ВОГ в системах стабилизации, технического контроля, робототехнике.

8.2. Пример тестовых заданий

Институт фотоники и оптоэлектронного приборостроения
Дисциплина **Волоконно-оптические гироскопы**

Число заданий: 25, время тестирования 15 минут

2. В формуле Саньяка фазовый сдвиг зависит от длины волны излучения
- 1) прямо пропорционально; 2) обратно пропорционально; 3) пропорционально квадрату

- 4) **обратно пропорционально квадрату; 5) не зависит.**
2. В чувствительном контуре ВОГ чаще всего применяется световод
- 1) поляризующий; 2) многомодовый; 3) активный;
 - 4) **сохраняющий поляризацию;** 5) со смещенной дисперсией.
3. Чтобы уменьшить погрешность ВОГ, вызванную рассеянием Рэлея в контуре ВОГ, необходимо:
- 1) **увеличить мощность источника;** 2) **уменьшить ширину спектра источника;**
 - 3) **увеличить ширину спектра источника;** 4) **увеличить длину когерентности источника;**
 - 5) **уменьшить мощность источника.**
4. Модулятор в ВОГ предназначен для изменения по заданному закону
- 1) амплитуды; 2) **фазы;** 3) длины волны;
 - 4) **состояния поляризации;** 5) **мощности.**
5. Применение модуляции в ВОГ прямого преобразования (разомкнутая схема) позволяет
- 1) **определить знак угловой скорости и повысить чувствительность**
 - 2) **уменьшить потребляемую мощность и определить знак угловой скорости**
 - 3) **уменьшить температурную погрешность и повысить надежность**
 - 4) **повысить виброустойчивость и уменьшить потребляемую мощность;**
 - 5) **уменьшить температурную погрешность и повысить надежность.**
6. Частота модуляции в ВОГ прямого преобразования (разомкнутая схема) зависит от
- 1) **измеряемой угловой скорости;** 2) **состояния поляризации лучей;**
 - 3) **колебаний мощности источника излучения;** 4) **температурной характеристики фотоприемника;** 5) **уровня стабильности задающего генератора.**
7. Дополнительная (серродинная) фазовая модуляция в ВОГ с обратной связью (замкнутая схема) имеет форму:
- 1) **синусоиды;** 2) **меандра;** 3) **пилы;** 4) **функции Бесселя** 5) **тангенсоиды.**
8. Эффект Шьюпа относится к воздействию на чувствительный контур ВОГ нестационарного:
- 1) **электрического поля;** 2) **магнитного поля;** 3) **инфракрасного излучения;**
 - 4) **потока протонов;** 5) **рентгеновского излучения.**
9. Ниобат лития, применяемый для изготовления интегрально-оптических элементов в ВОГ, представляет собой:
- 1) **керамику;** 2) **аморфный материал;** 3) **поликристаллический материал;**
 - 4) **монокристаллический материал;** 5) **наноструктурированный материал.**
10. Многофункциональная интегральная схема (МИОС) представляет собой сочетание модулятора с
- 1) **ответвителем и депляризатором;** 2) **мультиплексором и циркулятором;**
 - 3) **ответвителем и поляризатором;** 4) **деполяризатором и циркулятором;**
 - 5) **ответвителем и мультиплексором.**
11. Длительность одной ступеньки цифровой пилы при модуляции на оптимальной частоте обычно равна

- 1) времени осреднения выходного сигнала ВОГ; 2) времени обхода лучом чувствительного контура; 3) времени когерентности источника излучения; 4) времени готовности ВОГ; 5) постоянной времени фотоприемника .

12. С помощью метода вариации Алана рассчитывается

- 1) дробовой шум фотоприемника; 2) поляризационная экстинкция МИОС;
3) остаточная поляризация источника излучения ВОГ; 4) оптические потери в контуре ВОГ; 5) шумовые характеристики ВОГ.

13. Полоса пропускания ВОГ зависит от:

- 1) масштабного коэффициента; 2) стабильности смещения нуля; 3) времени готовности; 4) мощности источника излучения; 5) времени осреднения выходного сигнала.

14. Наиболее подходящий источник излучения для ВОГ навигационного класса:

- 1) лазерный диод; 2) волоконный лазер; 3) светодиод; 4) суперфлуоресцентный волоконный источник; 5) суперлюминесцентный диод.

15. Квадрупольная намотка чувствительного контура применяется для уменьшения погрешности ВОГ, вызванной

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

16. Канальные волноводы многофункциональной интегральной схемы (МИОС) формируются методом

- 1) протонного обмена; 2) электронно-лучевого напыления; 3) плазмо-химического травления; 4) механической обработки; 5) фотолитографии.

17. ВОГ с обратной связью (замкнутая схема) в пакете Simulink можно представить как

- 1) систему масштабирования входного сигнала; 2) систему стабилизации нулевого тока на фотоприемнике; 3) систему масштабирования входного сигнала с фильтром низкой частоты; 4) нелинейную систему с дифференцирующим звеном; 5) систему стабилизации выходного сигнала.

18. В пакете Simulink можно смоделировать ВОГ прямого преобразования (разомкнутая схема) как

- 1) Интегратор; 2) Генератор; 3) Элемент сравнения; 4) Сумматор; 5) Мультипликатор.

19. В бесплатформенных инерциальных системах (БИНС) для определения навигационных параметров сигнал от ВОГ

- 1) дифференцируется; 2) дважды дифференцируется; 3) интегрируется; 4) дважды интегрируется; 5) логарифмируется.

20. В бесплатформенных инерциальных системах (БИНС) на ВОГ обязательно входят:

- 1) тахометры; 2) акселерометры; 3) магнетометры; 4) альтиметры; 5) вариометры.

21. Чувствительность ВОГ к вибрациям объясняется, в первую очередь,

- 1) недостаточной жесткостью конструкции; 2) недостаточной мощностью источника; 3) завышенными оптическими потерями в контуре; 4) завышенным двулучепреломлением световода в контуре; 5) завышенным дробовым шумом фотоприемника..

22. Чтобы уменьшить зону нечувствительности в ВОГ при постоянной температуре, обычно нужно

- 1) улучшить качество намотки чувствительного контура; 2) изменить длину когерентности источника; 3) изменить форму модуляции; 4) уменьшить мощность источника; 5) Уменьшить полуволновое напряжение на модуляторе.

23. В ВОГ для систем стабилизации волоконный модулятор обычно наматывается на каркас из

- 1) алюминия; 2) стекла; 3) пьезокерамики; 4) пермаллоя; 5) полиуретана.

24. В ВОГ на стимулированном рассеянии Бриллюэна световой луч рассеивается на

- 1) упругих колебаниях звуковой частоты внутри световода;
2) ядрах атомов материала световода; 3) посторонних включениях в материал световода;
4) границах раздела между элементами световода;
5) образовавшихся при вытяжке световода микронеоднородностях структуры.

25. В ВОГ на фотонно-кристаллических световодах повышенная радиационная стойкость обеспечивается за счет

- 1) уменьшения габаритов световода; 2) увеличения интервала одномодовости световода;
3) исключения легирования световодной жилы; 4) увеличением двулучепреломления световода; 5) уменьшением механических напряжений в световоде.

9. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

9.1. Рекомендуемая литература.

9.1.1. Основная литература

№ п.п.	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания
1	Шереметьев А.Г. М.	Волоконный оптический гироскоп	"Радио и связь", 1987г.
2	под ред. Т.Окуси.	Волоконно-оптические датчики	Л. Энергоатомиздат, 1990.
3*	Lefevre H.	The Fiber – Optic Gyroscope	Artech House, 1993.

* - экземпляр имеется в ПНППК.

9.1.2. Дополнительная литература

№ п.п.	Автор(ы)	Заглавие	Издательство, год издания
1	Чео П.К.	Волоконная оптика. Приборы и системы	М.: Энергоатомиздат, 1988.
2	Носов Ю.Р. М.,	Оптоэлектроника.	"Радио и связь", 1989.
3	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 ВОГ

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.)	№ ау ди то ри и
3.	Испытательный стенд для волоконно-оптических гироскопов	1	2005	аренда	ПН ПП К, кор п. 9в
4.	Намоточный станок	1		аренда	