

**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 датчики и системы на их основе

Форма обучения - очная

Трудоёмкость: 20 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 «РоснаноТех») 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.т.н., профессор ПГТУ | А.А. Южаков |
| | к.ф.-м.н., руководитель группы НЦВО ИОФ РАН | М.И. Беловолов |
| | к.ф.-м.н., доцент ПГТУ | М.Е. Лихачев |
| Рецензент | директор института фотоники и оптоэлектронного приборостроения ПГТУ | 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 – Целью изучения дисциплины является формирование специализированной базы знаний по волоконно-оптическим датчикам и обработке данных с помощью нейронных сетей и вейвлет-преобразований.

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 датчики;
- нейронные сети;
- вейвлетные преобразования.

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 компетенции (знания):

| Компетенции | № | Формулировка |
|-------------|---|--------------|
|-------------|---|--------------|

| | | |
|-------------------------------|----|--|
| Базовые знания (БЗ) | 8 | Знание основ теории нейронных сетей и теории вейвлет-преобразований |
| Базовые умения и навыки (БУН) | 15 | Навыки создания нейронных сетей |
| | 16 | Обработка информации с использованием технологии вейвлет-преобразований с целью распознавания различных объектов |
| | 22 | Знание аппарата нейронных сетей для систем мониторинга состояния объектов |
| | 23 | Знание технологии вейвлет-преобразований для идентификации событий в системах мониторинга |

В результате изучения дисциплины обучаемый должен
в пределах компетенций 8,15, 16, 22, 23:

- **иметь представления** об основах теории нейронных сетей и вейвлет-преобразований, обработке информации с целью распознавания объектов;
- **знать** основы теории нейронных сетей и вейвлет-преобразований для обработки информации с целью распознавания объектов, идентификации событий в системах мониторинга;
- **уметь применять** теорию нейронных сетей и вейвлет-преобразований в системах мониторинга;
- **владеть** методикой теории нейронных сетей и вейвлет-преобразований в системах мониторинга;
- **иметь навыки** применения на практике методики теории нейронных сетей и вейвлет-преобразований в системах мониторинга;

3. Объем дисциплины и виды учебной работы

Таблица 3.1

| № п.п. | Виды учебной работы | Трудоемкость, час. |
|--------|--|-------------------------|
| 1 | 2 | 3 |
| 1 | Аудиторная работа | 20 |
| | Лекции (Лк) | 12 |
| | Практические занятия (ПЗ) | 4 |
| | Лабораторный практикум (ЛП) | 4 |
| 2 | Самостоятельная работа | 10 |
| | Повторение материала, пройденного на лекциях | 4 |
| | Подготовка к лабораторным работам | 3 |
| | Оформление отчетов по лабораторным работам | 3 |
| 3 | Вид промежуточного контроля | Тестирование Экзамен |
| 4 | Трудоемкость дисциплины (всего) | 30 |

4. Содержание дисциплины

4.1. Обязательный минимум содержания дисциплины

Таблица 4.1

| Индекс | Содержание дисциплины | Всего |
|--------|-----------------------|-------|
|--------|-----------------------|-------|

| | (дидактические единицы, установленные вузом) | часов |
|--|--|-------|
| | <p>Типы и разновидности волоконно-оптических датчиков (ВОД). Волоконные световоды, применяемые в ВОД. Волоконных брэгговские решетки и зеркала. Фарадеевские зеркала, поляризаторы и деполяризаторы. Малошумящие источники и фотоприемники для ВОД. Датчики на основе измерения интенсивности. Физические возможности и пределы для измерений сигналов с помощью волоконно-оптических датчиков. Поляризационные датчики. Датчики на волоконных брэгговских решетках показателя преломления. Датчики на волоконных интерферометрах (Фабри-Перо, Майкельсона, Маха-Цандера). Датчики на основе волоконного интерферометра Саньяка: физические основы работы и разновидности датчиков (волоконные гироскопы и координаточувствительные датчики). Распределенные и мультиплексированные датчики и системы на их основе. Примеры 1D- и 2D-систем. Состояние и перспективы развития волоконно-оптических датчиков в связанных с ними технологий. Алгоритмы обработки данных с ВОД. Нейронные сети. Вейвлет-преобразования.</p> | 20 |

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

Таблица 4.2

| № ОУМ | Наименование разделов дисциплины | Номер темы дисциплины | Количество часов | | | | Трудоёмкость, час. | | |
|---------------------------|--|-----------------------------|-------------------|----|----|---|-----------------------|-----------|-----------|
| | | | аудиторная работа | | | самостоя- тельная работа (СРС) | | | |
| | | | всего | Лк | ПЗ | | | ЛР | |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | |
| 1 mod1 | Раздел 1. Волоконно- оптичелкие датчики (ВОД) | Тема 1 | 8 | 4 | 4 | | | 8 | |
| | | Тема 2 | 4 | 2 | 2 | | | 4 | |
| | | | 4 | 2 | 2 | | | 4 | |
| | Раздел 2. Системы на основе ВОД | Тема 3 | | | | | | | |
| | | Тема 4 | | | | | | | |
| | | Тема 5 | 12 | 8 | | 4 | | | 12 |
| | Экзамен | | 6 | 2 | | 4 | | | 6 |
| | | 2 | 2 | | | | | 2 | |
| | | 4 | 4 | | | | | 4 | |
| Итого | | | 20 | 12 | 4 | 4 | | 20 | |

4.3. Содержание разделов учебной дисциплины

Раздел 1. Волоконно-оптические датчики. Лк – 4 час., ПЗ – 4 час.,

Тема 1. Элементы ВОД.

Типы и разновидности волоконно-оптических датчиков (ВОД). Волоконные световоды, применяемые в ВОД. Волоконные брэгговские решетки и зеркала. Фарадеевские зеркала, поляризаторы и деполяризаторы. Малошумящие источники и фотоприемники для ВОД.

Тема 2. ВОД с изменением интенсивности и поляризации.

Датчики на основе измерения интенсивности. Физические возможности и пределы для измерений сигналов с помощью волоконно-оптических датчиков. Поляризационные датчики. Датчики на волоконных брэгговских решетках показателя преломления.

Раздел 2. Системы на основе ВОД. Лк – 8 час., ЛР – 4 час.

Тема 3. ВОД на интерферометрах.

Датчики на волоконных интерферометрах (Фабри-Перо, Майкельсона, Маха-Цандера). Датчики на основе волоконного интерферометра Саньяка: физические основы работы и разновидности датчиков (волоконные гироскопы и координаточувствительные датчики).

Тема 4. Распределенные и мультиплексированные ВОД.

Распределенные и мультиплексированные датчики и системы на их основе. Примеры 1D- и 2D-систем. Состояние и перспективы развития волоконно-оптических датчиков в связанных с ними технологий.

Тема 5. Обработка данных с ВОД.

Алгоритмы обработки данных с ВОД. Нейронные сети. Вейвлет-преобразования.

4.4. Темы практических занятий (4 часа)

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Наименование темы практического занятия | Осваиваемые компетенции | Кол-во часов |
|---------------|------------------------------|--|--------------------------------|---------------------|
|---------------|------------------------------|--|--------------------------------|---------------------|

| | | | | |
|---|---|---|----------------------|---|
| 1 | 1 | Волоконные световоды, применяемые в ВОД. Источники излучения, фотоприемники | 8, 15, 16, 22, 23 | 2 |
| 2 | 3 | Датчики на основе интерференции | 8, 15, 16, 22, 23 | 2 |

4.5. Темы лабораторных работ (4 часа)

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Наименование темы лабораторной работы | Осваиваемые компетенции | Кол-во часов |
|--------|-----------------------|---------------------------------------|-------------------------|--------------|
| 1 | 2 | Оптический рефлектометр | 8, 15, 16, 22, 23 | 2 |
| 2 | 2 | Бриллюэнновский рефлектометр | 8, 15, 16, 22, 23 | 2 |

4.6 Виды самостоятельной работы студентов

4.6.1. Повторение материала, пройденного на лекциях 4 часа.

4.6.2. Подготовка к лабораторным работам 3 часа.

4.6.3. Оформление отчетов по лабораторным работам 3 часа.

5. Виды контроля

5.1. Виды промежуточного контроля

| № п.п. | Номер модуля | Наименование материалов контроля | Оцениваемые компетенции |
|--------|--------------|---|-------------------------|
| 1 | мод. 1 | Тест. Количество тестовых заданий не менее 30 | 8, 15, 16, 22, 23 |

5.2. Вид итогового контроля: экзамен

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.

Программа экзамена

Волоконно-оптические датчики и системы на их основе.

Типы и разновидности волоконно-оптических датчиков (ВОД). Волоконные световоды, применяемые в ВОД. Волоконных брэгговские решетки и зеркала. Фарадеевские зеркала, поляризаторы и деполаризаторы. Малошумящие источники и фотоприемники для ВОД. Датчики на основе измерения интенсивности. Физические возможности и пределы для измерений сигналов с помощью волоконно-оптических датчиков. Поляризационные датчики. Датчики на волоконных брэгговских решетках показателя преломления. Датчики на волоконных интерферометрах (Фабри-Перо, Майкельсона, Маха-Цандера). Датчики на основе волоконного интерферометра Саньяка: физические основы работы и разновидности датчиков (волоконные гироскопы и координаточувствительные датчики). Распределенные и мультиплексированные датчики и системы на их основе. Примеры 1D- и 2D-систем. Состояние и перспективы развития волоконно-оптических датчиков в связанных с ними технологий. Алгоритмы обработки данных с ВОД. Нейронные сети. Вейвлет-преобразования.

6. Контрольно-измерительные материалы

6.1. Вопросы для подготовки к экзамену

по компетенциям 8,15, 16, 22, 23

1. Определение сенсора и сенсорной системы.
2. Основные виды датчиков.
3. Физические основы работы оптических датчиков.
4. Физические явления, используемые в волоконных оптических датчиках с волокном в качестве чувствительного элемента.
5. Физические явления, используемые в волоконных оптических датчиках с волокном в качестве линии передачи.
6. Сенсорика и нанотехнологии.
7. Основы вейвлет-преобразования.
8. Вычисление непрерывного вейвлет-преобразования.
9. Свойства вейвлет-преобразования.
10. Теория вейвлетов: математический подход.
11. Дискретизация непрерывного вейвлет-преобразования.
12. Дискретное вейвлет-преобразование.
13. Применение вейвлет-преобразования.
14. Модель нейрона.
15. Отличие адаптивного нейрона от перцептрона.
16. Базовые алгоритмы обучения нейронных сетей.
17. Типовые структуры нейронных сетей.
18. Область применения нейронных технологий в управлении.

6.2. Пример тестовых заданий

по компетенциям 8,15, 16, 22, 23

1. Необходимость применений вейвлет-преобразования вызвана
 - 1) необходимостью учитывать нестационарный характер сигнала;
 - 2) негармоническим характером сигнала;
 - 3) неравномерностью частотной характеристики сигнала;
 - 4) ограниченной длительностью сигнала.

2. Разрешение по частоте для вейвлет-преобразования лучше

- 1) в области низких частот;
- 2) в области средних частот;
- 3) в области высоких частот;
- 4) не зависит от частотной области.

3. Разрешение по времени для вейвлет-преобразования лучше

- 1) в области высоких частот;
- 2) в области средних частот;
- 3) в области низких частот;
- 4) не зависит от частотной области.

4. Математическое описание активационной функции «гиперболический тангенс»

1) $\text{th}(r) = \frac{e^r + e^{-r}}{e^r - e^{-r}}$;

2) $\text{th}(r) = \frac{e^r - e^{-r}}{e^r + e^{-r}}$;

3) $\text{th}(r) = \frac{e^r - e^{-r}}{e^r - e^{-r}}$;

4) $\text{th}(r) = \frac{e^{2r} + e^{-r}}{e^{2r} - e^{-r}}$.

5. Радиально-базисная сеть имеет:

- 1) два скрытых слоя с произвольными коэффициентами;
- 2) один скрытый слой с произвольными коэффициентами;
- 3) коэффициент связи одного скрытого слоя не равен единице;
- 4) один скрытый слой с коэффициентом связи равным единице.

6. Минимальные оптические потери, обусловленные поглощением света по длине кварцевого оптического волокна, составляют

- 1) 200 дБ/км;
- 2) 20 дБ/км;

- 3) 2 дБ/км;
- 4) 0,2 дБ/км;
- 5) 0,02 дБ/км.

7. Для большинства оптических волокон относительная разность показателей преломления $\Delta = (n_1 - n_2)/n_1 = \Delta n/n_1$ составляет

- 1) $10^{-1} \dots 10$;
- 2) $10^{-4} \dots 10^{-5}$;
- 3) $10^{-2} \dots 10^{-3}$;
- 4) $10^1 \dots 10^2$;
- 5) $10^2 \dots 10^3$.

8. Максимальная выходная мощность непрерывных волоконных лазеров составляет

- 1) 32 Вт;
- 2) 4 кВт;
- 3) 14 кВт;
- 4) 28 кВт;
- 5) 36 кВт.

9. Преимуществами волоконного оптического гироскопа по сравнению с электромеханическим гироскопом не являются

- 1) мгновенная готовность к работе;
- 2) предельно малое потребление энергии;
- 3) высокая помехоустойчивость;
- 4) возможность измерения ускорений;
- 5) малые габариты.

10. Показатель преломления сердцевины ... показатель преломления оболочки световода

- 1) больше чем;
- 2) меньше чем;
- 3) такой же, как.

11. При изгибе световода его апертура

- 1) уменьшается;
- 2) увеличивается;
- 3) не изменяется.

12. Максимальный угол между оптической осью оптического волокна и лучом света, для которого еще выполняется условие полного внутреннего отражения – это

- 1) апертура;
- 2) мода;
- 3) дисперсия.

13. Дисперсия оптического сигнала приводит к

- 1) расширению оптического импульса;
- 2) сужению оптического импульса;
- 3) усилению оптического импульса.

14. Каким образом сказывается на дифракционной картине увеличение числа щелей дифракционной решетки на единицу длины:

- 1) дифракционная картина размывается;
- 2) дифракционная картина становится более яркой;
- 3) число щелей не влияет на вид дифракционной картины.

15. На что влияет протяженность источника при интерференции на 2-х щелях:

- 1) на видность (контрастность) интерференционных полос только в центре экрана;
- 2) на видность (контрастность) интерференционных полос в любой точке экрана;
- 3) на число наблюдаемых полос;
- 4) на ширину каждой полосы.

16. На что влияет некогерентность источника при интерференции на 2-х щелях:

- 1) на видность (контрастность) интерференционных полос в центре экрана;
- 2) на число наблюдаемых полос;
- 3) на ширину каждой полосы.

17. Как изменится интенсивность в точке наблюдения, если закрыть 2 зоны Френеля

- 1) уменьшится в 2 раза;
- 2) уменьшится в 4 раза;
- 3) не изменится;
- 4) увеличится в 4 раза.

18. При угле Брюстера:

- 1) преломленный луч исчезает и остается только отраженный;
- 2) преломленный луч полностью поляризован;
- 3) преломленный и отраженный лучи перпендикулярны друг другу.

19. Как изменится ширина полос в опыте Юнга, если одновременно уменьшить в 2 раза расстояние между щелями и увеличить в 2 раза расстояние до экрана

- 1) не изменится;
- 2) увеличится в 2 раза;
- 3) увеличится в 4 раза;
- 4) уменьшится в 4 раза.

20. Какое из перечисленных ниже явлений НЕ имеет места при прохождении света через дифракционную решетку:

- 1) разложение белого света в спектр;
- 2) изменение частоты световой волны;
- 3) изменение направления распространения световых волн;
- 4) пространственное перераспределение энергии световой волны и образование дифракционных максимумов и минимумов;
- 5) наложение друг на друга спектров разных порядков при прохождении белого света через дифракционную решетку.

21. Дифракционную картину получили с помощью красного света. Как изменится картина, если воспользоваться фиолетовым светом:

- 1) полосы будут расположены ближе друг к другу;

- 2) полосы будут расположены дальше друг от друга;
- 3) полосы останутся на своих местах.

22. Во сколько раз наивысший порядок спектра m_1 , который можно наблюдать при нормальном падении на дифракционную решетку монохроматического света с $\lambda = 400$ нм, больше наивысшего порядка m_2 при освещении этой решетки светом с длиной волны $\lambda = 600$ нм:

- 1) в 1,5 раза;
- 2) в 2 раза;
- 3) в 3 раза;
- 4) не изменится.

23. При освещении синусоидальной амплитудной дифракционной решетки плоской монохроматической волной на выходе возникают:

- 1) две плоские волны;
- 2) три плоские волны;
- 3) две сферические волны и плоская волна;
- 4) количество волн зависит от периода решетки.

24. При восстановлении осевой голограммы Габора плоской монохроматической волной мы получаем:

- 1) действительное изображение предмета;
- 2) мнимое изображение предмета;
- 3) опорную волну;
- 4) все, перечисленное выше.

25. Фазовая скорость волны

- 1) может быть больше скорости света;
- 2) в точности равна скорости света;
- 3) всегда меньше скорости света.

26. Если свет круговой поляризации пропустить через двулучепреломляющую пластинку $\lambda/4$, то на выходе будет свет

- 1) круговой поляризации;

- 2) линейной поляризации;
- 3) деполяризованный;
- 4) эллиптической поляризации.

27. В опыте Юнга по интерференции света щели закрыты двумя пластинками $\lambda/4$ перпендикулярной ориентации. В результате на экране за щелями:

- 1) интерференционные полосы исчезнут;
- 2) интенсивность полос уменьшится в 2 раза;
- 3) контрастность полос уменьшится в 2 раза;
- 4) ничего не изменится.

28. Чтобы деполяризовать частично монохроматический свет круговой поляризации, его нужно

- 1) пропустить через пластинку $\lambda/4$;
- 2) пропустить через толстый двулучепреломляющий кристалл;
- 3) пропустить через поляризатор;
- 4) пропустить через матовую пластинку.

29. В чем состоит недостаток осевой голограммы Габора

- 1) имеются два изображения предмета, которые видны одновременно на фоне паразитной опорной волны;
- 2) изображение предмета перевернутое;
- 3) низкая яркость восстановленного изображения.

30. Амплитудная и фазовая синусоидальные дифракционные решетки одинакового периода освещаются плоской монохроматической волной. В чем состоит отличие в пространственном спектре излучения на выходе решеток:

- 1) фазой;
- 2) количеством волн;
- 3) углами распространения.

7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

7.1. Рекомендуемая литература.

7.1.1. Основная литература

| № п.п. | Автор(ы) | Заглавие | Издательство, год издания |
|--------|---|---|--|
| 1 | Т.Окоси и др. | Волоконно-оптические датчики | -Л.: Энергоатомиздат 1990 |
| 2 | Под ред. Уэдда Э. | Волоконно-оптические датчики | Мир электроники, 2008 |
| 3 | Рутковская Д, Пименский М., Рутковский Л. | Нейронные сети. Генетические алгоритмы и нечеткие системы | М.: Горячая линия – Телеком, 2006. |
| 4 | Воробьев В.И., Грибунин В.Г. | Теория и практика вейлет- преобразования | Санкт-Петербург, ЗАО «АВТЭКС», 2006. |

7.1.2. Дополнительная литература

| № п.п. | Автор(ы) | Заглавие | Издательство, год издания |
|--------|---------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Под ред. Дж. Дейкина и Б. Калшо | Оптоволоконные сенсоры | -М.: Мир, 1992 |
| 2 | Красюк Б.А. и др. | Световодные датчики | -М.: Машиностроение, 1990 |
| 3 | Калан Р. | Основные концепции нейронных сетей | М.: Изд. дом «Вильямс», 2001 |
| 4 | Дьяконов В.П. | Вейвлеты. От теории к | М.: СОЛОН-Пресс, |

| | | | |
|--|--|----------|-------|
| | | практике | 2002. |
|--|--|----------|-------|

7.2. Средства обеспечения освоения дисциплины

7.2.1. Компьютерные обучающие и контролирующие программы

| № п.п. | Вид учебного занятия | Наименование программного продукта | Назначение |
|--------|----------------------|------------------------------------|------------------------|
| 1 | Аттестация | Тест | Промежуточный контроль |

7.2.2. Аудио- и видео-пособия не используются

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

8.1. 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 |

8.2. Основное учебное оборудование

| № п.п. | Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката) | Кол-во, ед. | Год изготовления | Форма владения, пользования (собственность, оперативное) | № аудитории |
|--------|---|-------------|------------------|--|-------------|
| | | | | | |

| | | | | управление, аренда и т.п.) | и |
|-----|---------------------------------|---|--|-------------------------------|---|
| 14. | Оптический рефлектометр | 1 | | | |
| 15. | Бриллюэнновский рефлектометр | 1 | | | |