

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования



**Пермский национальный исследовательский
политехнический университет**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по образовательной
деятельности

 А.Б. Петроченков

« 29 » августа 20 23 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина: Основы волоконно-оптических датчиков
(наименование)

Форма обучения: очная
(очная/очно-заочная/заочная)

Уровень высшего образования: магистратура
(бакалавриат/специалитет/магистратура)

Общая трудоёмкость: 324 (9)
(часы (ЗЕ))

Направление подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика
(код и наименование направления)

Направленность: Материалы и технологии волоконной оптики
(наименование образовательной программы)

1. Общие положения

1.1. Цели и задачи дисциплины

Целью преподавания дисциплины является изучение студентами:

- основных принципов построения волоконно-оптических устройств и систем сбора, передачи и распределения измерительной информации;
- физических основ измерения возмущений различной природы с помощью волоконно-оптических датчиков;
- вопросов расчета характеристик таких датчиков и путей улучшения этих характеристик.

1.2. Изучаемые объекты дисциплины

волоконно-оптические датчики (ВОД); волоконные световоды, применяемые в ВОД; волоконные брэгговские решетки и зеркала; Фарадеевские зеркала, поляризаторы и деполаризаторы; источники и фотоприемники для ВОД; интерферометры Фабри-Перо, Майкельсона, Маха-Цандера; волоконный интерферометр Саньяка; волоконные гироскопы; распределенные и мультиплексированные датчики; алгоритмы обработки данных с ВОД.

1.3. Входные требования

Данная дисциплина базируется на знаниях, полученных студентами в процессе изучения дисциплин бакалавриата: "Физика", "Квантовая физика", "Нелинейная оптика", "Основы фотоники", "Волноводная фотоника", "Волоконно-оптические измерения"

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-2	ИД-1 ОПК-2	Знает: методы планирования и проведения экспериментов; алгоритмы обработки данных с ВОД; программное обеспечение для обработки экспериментальных данных	Знает теорию и практику научных исследований; принципы организации и проведения экспериментальных исследований; математическое моделирование процессов, явлений и работы устройств и систем в профессиональной области; методы и программное обеспечение для обработки экспериментальных данных	Тест

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
ОПК-2	ИД-2ОПК-2.	Умеет анализировать современное состояние в области волоконно-оптических элементов, пассивных и активных элементов и устройств волоконной и интегральной оптики	Умеет анализировать состояние и перспективы развития техники в профессиональной области; работать с научно-технической информацией и текстами; применять справочные материалы	Собеседование
ОПК-2	ИД-3ОПК-2.	Владеет навыками подготовки к публикации научных статей и оформления научно-технических отчетов	Владеет навыками подготовки к публикации научных статей и оформления научно-технических отчетов; перевода научных текстов; владеет методами автоматизации физического эксперимента	Индивидуальное задание
ПКО-3	ИД-1ПКО-3.	Знает: физические основы измерения возмущений различной природы с помощью волоконно-оптических датчиков; современное состояние в области волоконно-оптических элементов, пассивных и активных элементов и устройств волоконной и интегральной оптики; физические основы и принципы построения оптических и волоконно-оптических датчиков физических воздействий	Знает спектр задач по созданию новых оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, волоконно-оптических датчиков; принципы организации и проведения экспериментальных исследований	Тест
ПКО-3	ИД-2ПКО-3.	Умеет планировать и проводить эксперименты, обрабатывать и анализировать результаты опроса прототипов ВОД	Умеет формировать цели исследований, формулировать требования к оборудованию и комплектующим, необходимые для проведения исследования; выявлять зависимости между параметрами исследуемого процесса, явления и особенностями работы прибора; проводить эксперименты и обработку данных	Индивидуальное задание
ПКО-3	ИД-3ПКО-3.	Владеет навыками разработки волоконно-	Владеет навыками подбора оборудования и	Индивидуальное задание

Компетенция	Индекс индикатора	Планируемые результаты обучения по дисциплине (знать, уметь, владеть)	Индикатор достижения компетенции, с которым соотнесены планируемые результаты обучения	Средства оценки
		оптических датчиков (ВОД)	комплектующих, необходимых для проведения исследований; разработки волоконно-оптических датчиков	

3. Объем и виды учебной работы

Вид учебной работы	Всего часов	Распределение по семестрам в часах	
		Номер семестра	
		1	2
1. Проведение учебных занятий (включая проведение текущего контроля успеваемости) в форме:	144	72	72
1.1. Контактная аудиторная работа, из них:			
- лекции (Л)	56	28	28
- лабораторные работы (ЛР)	72	36	36
- практические занятия, семинары и (или) другие виды занятий семинарского типа (ПЗ)			
- контроль самостоятельной работы (КСР)	16	8	8
- контрольная работа			
1.2. Самостоятельная работа студентов (СРС)	144	72	72
2. Промежуточная аттестация			
Экзамен	36	36	
Дифференцированный зачет	9		9
Зачет			
Курсовой проект (КП)			
Курсовая работа (КР)			
Общая трудоемкость дисциплины	324	180	144

4. Содержание дисциплины

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
1-й семестр				
Элементы ВОД.	14	18	0	36
Типы и разновидности волоконно-оптических датчиков (ВОД). Волоконные световоды, применяемые в ВОД. Волоконные брэгговские решетки и зеркала. Фарадеевские зеркала, поляризаторы и деполаризаторы. Малошумящие источники и фотоприемники для ВОД.				

Наименование разделов дисциплины с кратким содержанием	Объем аудиторных занятий по видам в часах			Объем внеаудиторных занятий по видам в часах
	Л	ЛР	ПЗ	СРС
ВОД с изменением интенсивности и поляризации.	14	18	0	36
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.				
ИТОГО по 1-му семестру	28	36	0	72
2-й семестр				
ВОД на интерферометрах.	10	12	0	24
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 ВОД.	10	12	0	24
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.				
Обработка данных с ВОД.	8	12	0	24
Алгоритмы обработки данных с ВОД. Нейронные сети. Вейвлет-преобразования.				
ИТОГО по 2-му семестру	28	36	0	72
ИТОГО по дисциплине	56	72	0	144

Тематика примерных лабораторных работ

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
1	Изучение свойств и применений ВОД
2	Запись волоконных брэгговских решеток (ВБР)
3	Изготовление точечных ВОД
4	Технология изготовления ВИФП
5	Оценка оптико-механических свойств ОВ
6	Настройка УОВОД, конфигурирование ПО
7	Оптический рефлектометр

№ п.п.	Наименование темы лабораторной работы
8	Бриллюэнновский рефлектометр

5. Организационно-педагогические условия

5.1. Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

При проведении учебных занятий используются интерактивные лекции, групповые дискуссии.

5.2. Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

6. Перечень учебно-методического и информационного обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

6.1. Печатная учебно-методическая литература

№ п/п	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке
1. Основная литература		
1	Агравал Г. П. Применение нелинейной волоконной оптики : учебное пособие : пер с англ. / Г. П. Агравал. - Санкт-Петербург[и др.]: Лань, 2011.	2
2	Блаттер К. Вейвлет-анализ. Основы теории : учебное пособие для вузов : пер. с нем. / К. Блаттер. - М.: Техносфера, 2006.	1
3	Бусурин В. И. Волоконно-оптические датчики: физические основы, вопросы расчета и применения / В. И. Бусурин, Ю. Р. Носов. - Москва: Энергоатомиздат, 1990.	5

4	Волоконно-оптические датчики : вводный курс для инженеров и научных работников : пер. с англ. / Э. Удд [и др.]. - Москва: Техносфера, 2008.	3
5	Кульчин Ю. Н. Распределенные волоконно-оптические измерительные системы / Ю. Н. Кульчин. - Москва: Физматлит, 2001.	3
6	Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы : пер. с польск. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2004.	2
7	Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы : пер. с польск. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. - Москва: Горячая линия-Телеком, 2006.	1
8	Т. 1. - Долгопрудный: , Интеллект, 2012. - (Оптика и фотоника. Принципы и применения : учебное пособие : в 2 т. : пер. с англ.; Т. 1).	5
9	Т. 2. - Долгопрудный: , Интеллект, 2012. - (Оптика и фотоника. Принципы и применения : учебное пособие : в 2 т. : пер. с англ.; Т. 2).	5
10	Тучин В. В. Лазеры и волоконная оптика в биомедицинских исследованиях / В. В. Тучин. - Москва: Физматлит, 2010.	1
11	Яковлев А. Н. Основы вейвлет-преобразования сигналов : учебное пособие для вузов / А. Н. Яковлев. - Москва: Сайнс-Пресс, 2003.	4
2. Дополнительная литература		
2.1. Учебные и научные издания		
1	Беспрозванных В. Г. Нелинейные эффекты в волоконной оптике : учебное пособие для вузов / В. Г. Беспрозванных, В. П. Первачук. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2011.	10
2	Постников В. С. Оптическое материаловедение. Активные материалы : курс лекций / В. С. Постников. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2015.	10
2.2. Периодические издания		
1	Прикладная фотоника : журнал / Пермский национальный исследовательский политехнический университет ; Пермский инновационный территориальный кластер волоконно-оптических технологий "Фотоника" ; Под ред. А. С. Куркова ; С. А. Бабина. - Пермь: Изд-во ПНИПУ, 2014 - .	
2	Фотоника : научно-технический журнал / Техносфера; Лазерная ассоциация; журнал Photonik и AT-Fachverlag GmbH. - Москва: Техносфера, 2007 - .	
2.3. Нормативно-технические издания		
	Не используется	
3. Методические указания для студентов по освоению дисциплины		
	Не используется	
4. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента		
	Не используется	

6.2. Электронная учебно-методическая литература

Вид литературы	Наименование разработки	Ссылка на информационный ресурс	Доступность (сеть Интернет / локальная сеть; авторизованный / свободный доступ)
Дополнительная литература	Оптическое материаловедение	http://pstu.ru/files/file/FPM_M/of/opticheskoe_materialovedenie/postnikov.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Специальные волоконные световоды	http://pstu.ru/files/file/FPM_M/of/shumkova_specialnye_volokonnye_svetovody.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Физические основы нелинейной оптики	http://pstu.ru/files/2/file/kafedra/fpmm/of/Fiz_osnovi_nel_in_opt.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Дополнительная литература	Фотоника и оптоинформатика. Введение в специальность	http://pstu.ru/files/file/FPM_M/of/tai/tsaplin_fotonika_i_optoinformatika_vvedenie_v_specialnost.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Методические указания для студентов по освоению дисциплины	Методические указания для студентов по освоению дисциплин	http://pstu.ru/files/2/file/kafedra/fpmm/of/Metodicheskie_ukazaniya_dlya_studentov_po_osvoeniyu_disciplini.pdf	сеть Интернет; свободный доступ
Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов	Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студента	http://pstu.ru/files/2/file/kafedra/fpmm/of/Dlya_samostoyatelnoyi_raboti_studenta.pdf	сеть Интернет; свободный доступ

6.3. Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение, используемое при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Вид ПО	Наименование ПО
Операционные системы	Windows 10 (подп. Azure Dev Tools for Teaching)
Офисные приложения.	Adobe Acrobat Reader DC. бесплатное ПО просмотра PDF
Офисные приложения.	Microsoft Office Professional 2007. лиц. 42661567
Прикладное программное обеспечение общего назначения	Dr.Web Enterprise Security Suite, 3000 лиц, ПНИПУ ОЦНИТ 2017

6.4. Современные профессиональные базы данных и информационные справочные системы, используемые при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Наименование	Ссылка на информационный ресурс
База данных Scopus	https://www.scopus.com/
База данных Web of Science	http://www.webofscience.com/
База данных научной электронной библиотеки (eLIBRARY.RU)	https://elibrary.ru/
Научная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета	http://lib.pstu.ru/
Электронно-библиотечная система Лань	https://e.lanbook.com/
Электронно-библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Виртуальный читальный зал Российской государственной библиотеки	https://dvs.rsl.ru/
Информационные ресурсы Сети КонсультантПлюс	http://www.consultant.ru/

7. Материально-техническое обеспечение образовательного процесса по дисциплине

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Активное волокно (эрбиевое) M12-980-125 - Erbium Doped L Band Fiber, 900-970 nm, м	50
Лабораторная работа	Брэгговская решётка	6
Лабораторная работа	Измерительная консоль PM200 - Touch Screen Power and Energy Meter Console, 5.7" Color LCD	1
Лабораторная работа	Измерительная платформа FTB-500	2
Лабораторная работа	Компьютер (в локальной сети) в комплекте	5
Лабораторная работа	Лазер в составе: (Лазер SFL1550S, Контроллер ITC4001, Держатель лазерного диода LM14S2)	2
Лабораторная работа	Модуль анализатора поляризационной дисперсии E8-XX (комплект из FTB-5500B и FLS-110-03P) – модуль для FTB-500	1
Лабораторная работа	Мультитестер M8-XX (FTB-3932X-XX Fast-est/MultiTest module, High-power Ge detector, 1310/1550 nm laser source with ORL (9/125 μm)) – модуль для FTB-500	1
Лабораторная работа	Оптический спектроанализатор (OCA) FTB-5240S (модуль для FTB-500)	1
Лабораторная работа	Оптический стол (Сотовая оптическая плита 1NB15-20-12, Опоры оптического стола 1TS08-12-06-AR, Полка для оборудования 1IS200-AAB)	2
Лабораторная работа	Рефлектометр FTB-7200D-12CD-23B-XX (модуль для FTB-500)	1
Лабораторная работа	Сварочный аппарат Fujicuga FSM-60S со скалывателем	1

Вид занятий	Наименование необходимого основного оборудования и технических средств обучения	Количество единиц
Лабораторная работа	Трансляционный столик	6
Лабораторная работа	Устройство подключения на изгибе волокна Phatom 550	1
Лабораторная работа	Фотоприёмник измерителя оптической мощности S146C - Integrating Sphere Photodiode Power Sensor, InGaAs, 900 - 1650 nm, 20 W	1
Лекция	проектор, экран, маркерная доска	1

8. Фонд оценочных средств дисциплины

Описан в отдельном документе

Министерство науки и высшего образования и Российской Федерации
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
**«Пермский национальный исследовательский политехнический
университет»**

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине

«Основы волоконно-оптических датчиков»

Приложение к рабочей программе дисциплины

Направление подготовки: 12.04.03 Фотоника и оптоинформатика

**Направленность (профиль)
образовательной программы** Материалы и технологии волоконной оптики

Квалификация выпускника: «магистр»

Выпускающая кафедра: Общая физика

Форма обучения: Очная

Курс: 1 **Семестр:** 1, 2

Трудоёмкость:

Кредитов по рабочему учебному плану: 9 3Е

Часов по рабочему учебному плану: 324 ч.

Форма промежуточной аттестации:

Экзамен: 1 сем. Дифференцированный зачет: 2 сем.

Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине является частью (приложением) к рабочей программе дисциплины. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине разработан в соответствии с общей частью фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации основной образовательной программы, которая устанавливает систему оценивания результатов промежуточной аттестации и критерии выставления оценок. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине устанавливает формы и процедуры текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.

1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине, объекты оценивания и виды контроля

Согласно РПД, освоение учебного материала дисциплины запланировано в течение двух семестров (1-го и 2-го семестров учебного плана) и разбито на 5 учебных модулей. В каждом модуле предусмотрены аудиторские лекционные и лабораторные занятия, а также самостоятельная работа студентов. В рамках освоения учебного материала дисциплины формируются компоненты дисциплинарных компетенций *знать, уметь, владеть*, указанные в РПД, которые выступают в качестве контролируемых результатов обучения (табл. 1.1).

Контроль уровня усвоенных знаний, освоенных умений и приобретенных владений осуществляется в рамках текущего, рубежного и промежуточного контроля при изучении теоретического материала, сдаче отчетов по лабораторным работам, экзамена в первом семестре и дифференцированного зачета во втором. Виды контроля сведены в таблицу 1.1.

Таблица 1.1. Перечень контролируемых результатов обучения по дисциплине

Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)	Вид контроля			
	текущий	рубежный		промежуточный
Усвоенные знания. Знает:	С, ТО	КР	ОЛР	Зачет / экзамен
3.1 – Теорию и практику научных исследований; принципы организации и проведения экспериментальных исследований; Математическое моделирование процессов, явлений и работы устройств и систем в профессиональной области; методы и программное обеспечение для обработки экспериментальных данных;	С, ТО	Т	ОЛР	ТВ
3.2 – Спектр задач по созданию новых оптических и оптико-электронных приборов и комплексов, волоконно-оптических датчиков; принципы организации и проведения экспериментальных исследований	С, ТО	Т	ОЛР	ТВ
Освоенные умения. Умеет:				
У.1 –Умеет анализировать современное состояние в области волоконно-оптических элементов, пассивных и активных элементов и устройств волоконной и интегральной оптики;		Т	ОЛР	ПЗ
У.2 –Умеет формировать цели исследований, формулировать требования к оборудованию и комплектующим, необходимые для проведения исследования; выявлять зависимости между параметрами исследуемого процесса, явления и особенностями работы прибора; проводить эксперименты и обработку данных		Т	ОЛР	ПЗ
Приобретенные владения. Владеет:				
В.1 –Владеет навыками подготовки к публикации научных статей и оформления научно- технических отчетов; перевода научных текстов; владеет методами автоматизации физического эксперимента;			ОЛР	КЗ
В.2 –Владеет навыками подбора оборудования и комплектующих, необходимых для проведения исследований; разработки волоконно-оптических датчиков			ОЛР	КЗ

С – собеседование по теме; ТО – коллоквиум (теоретический опрос); Т/КР – рубежное тестирование (контрольная работа); ТВ – теоретический вопрос; ПЗ – практическое задание; ОЛР – отчет по лабораторной работе; КЗ – комплексное задание дифференцированного зачета.

Итоговой оценкой достижения результатов обучения по дисциплине является промежуточная аттестация в виде экзамена (1-й семестр) и дифференцированного зачета (2-й семестр), проводимая с учётом результатов текущего и рубежного контроля.

2. Виды контроля, типовые контрольные задания и шкалы оценивания результатов обучения

Текущий контроль успеваемости имеет целью обеспечение максимальной эффективности учебного процесса, управление процессом формирования заданных

компетенций обучаемых, повышение мотивации к учебе и предусматривает оценивание хода освоения дисциплины. В соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, специалитета и магистратуры в ПНИПУ предусмотрены следующие виды и периодичность текущего контроля успеваемости обучающихся:

- входной контроль, проверка исходного уровня подготовленности обучаемого и его соответствия предъявляемым требованиям для изучения данной дисциплины;

- текущий контроль усвоения материала (уровня освоения компонента «знать» заданных компетенций) на каждом групповом занятии и контроль посещаемости лекционных занятий;

- промежуточный и рубежный контроль освоения обучаемыми отдельных компонентов «знать», «уметь» заданных компетенций путем компьютерного или бланочного тестирования, контрольных опросов, контрольных работ (индивидуальных домашних заданий), защиты отчетов по лабораторным работам, рефератов, эссе и т.д.

Рубежный контроль по дисциплине проводится на следующей неделе после прохождения модуля дисциплины, а промежуточный – во время каждого контрольного мероприятия внутри модулей дисциплины;

- межсессионная аттестация, единовременное подведение итогов текущей успеваемости не менее одного раза в семестр по всем дисциплинам для каждого направления подготовки (специальности), курса, группы;

- контроль остаточных знаний.

2.1. Текущий контроль

Текущий контроль усвоения материала в форме собеседования или выборочного теоретического опроса студентов проводится по каждой теме. Результаты по 4-балльной шкале оценивания заносятся в книжку преподавателя и учитываются в виде интегральной оценки при проведении промежуточной аттестации.

2.2. Рубежный контроль

Рубежный контроль для комплексного оценивания усвоенных знаний, усвоенных умений и приобретенных владений (табл. 1.1) проводится в форме защиты лабораторных работ и рубежного тестирования (проверочного – после изучения крупных тем, контрольного – после изучения модулей учебной дисциплины).

2.2.1. Защита лабораторных работ

Всего запланировано 8 лабораторных работ. Типовые темы лабораторных работ приведены в РПД.

Защита лабораторной работы проводится индивидуально каждым студентом или группой студентов. Типовые шкала и критерии оценки приведены в общей части ФОС магистерской программы.

Типовые шкала и критерии оценки результатов рубежного тестирования приведены в общей части ФОС магистерской программы.

2.3.Выполнение индивидуальных домашних заданий (вид самостоятельной работы студента)

Для оценивания навыков и опыта деятельности (владения), как результата обучения по дисциплине, не имеющей курсового проекта или работы, используется индивидуальное домашнее задание (ИДЗ) студенту. ИДЗ представляет собой уникальный набор задач по основным темам модуля. Задачи решаются и сдаются студентом в форме собеседования с преподавателем по ходу изучения соответствующего материала на занятиях.

Типовые задачи из состава ИКЗ:

1. Найти относительное изменение коэффициента отражения волоконной брэгговской решетки на резонансной длине волны при увеличении периода решетки на 1%.
2. Вычислить сдвиг резонансной длины волны волоконной брэгговской решетки при изменении температуры с 0°С до 20°С. Резонансную длину волны для 0°С взять равной 1,551 нм. Коэффициент термического расширения кварцевого стекла: $\alpha_L \approx 0,55 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$. Термооптический коэффициент: $\alpha_n \approx 6,6 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$.
3. Определить ширину интерференционного максимума волоконного интерферометра Фабри-Перо при следующих параметрах: база интерферометра $L = 25$ мкм, показатель преломления среды внутри интерферометра $n = 1$ (воздух), коэффициент отражения обоих зеркал интерферометра $R = 90\%$.

Типовые шкала и критерии оценки результатов защиты индивидуального комплексного задания (ИКЗ) приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4. Промежуточная аттестация (итоговый контроль)

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего и рубежного контроля. Условиями допуска являются успешная сдача всех лабораторных работ и положительная интегральная оценка по результатам текущего и рубежного контроля.

2.4.1. Процедура промежуточной аттестации с проведением аттестационного испытания

Промежуточная аттестация в 1-ом семестре проводится в виде экзамена, который проводится в устной форме по билетам. Билет включает теоретический вопрос для проверки усвоенных знаний, практическое задание (ПЗ) для проверки усвоенных умений и комплексное задание (КЗ) для контроля уровня

приобретенных владений всех заявленных дисциплинарных компетенций. Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания, контролирующие уровень сформированности всех заявленных компетенций.

Промежуточная аттестация во 2-ом семестре проводится в виде дифференцированного зачета, который выставляется по итогам текущего и рубежного контроля, а также результатам выполнения ИДЗ.

Критерии выведения итоговой оценки за компоненты компетенций при проведении промежуточной аттестации в виде дифференциального зачета приведены в общей части ФОС образовательной программы.

2.4.2. Типовые вопросы и задания для экзамена по дисциплине

Типовые вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. Типы и разновидности (классификация) волоконно-оптических датчиков (ВОД).
2. Датчики на основе измерения интенсивности: датчики температуры, вибраций и других физических величин. Устройство, принцип действия
3. Поляризационные датчики на основе эффекта Фарадея. ВОД силы тока. Устройство, принцип действия
4. Волоконные брэгговские решетки – принципы изготовления
5. Волоконные брэгговские решетки – разновидности
6. ВО датчик температуры на основе ВБР
7. ВО датчик деформаций на основе ВБР
8. Датчики на волоконных интерферометрах Фабри-Перо
9. Датчики на волоконных интерферометрах Майкельсона,
10. Датчики на волоконных интерферометрах Маха-Цандера
11. Датчики на основе волоконного интерферометра Саньяка: физические основы работы и разновидности волоконно-оптических гироскопов

Типовые вопросы и практические задания для контроля освоенных умений:

1. Рассчитайте спектральное расстояние по частоте между соседними продольными модами ВО интерферометра Фабри-Перо при следующих параметрах: $L = 50$ мкм, показатель преломления среды внутри интерферометра $n = 1$ (воздух).

2. Каким образом можно увеличить чувствительность волоконно-оптического температурного датчика на основе ВБР?

Типовые комплексные задания для контроля приобретенных владений:

1. Какими способами можно разделить температурный вклад и вклад механического натяжения волокна в сдвиг резонансной длины волны волоконно-оптического датчика на основе волоконной брэгговской решетки?

2. Объясните принцип волоконно-оптической рефлектометрии во временной области(OTDR); охарактеризуйте основные возможные события на рефлектограмме; укажите, от каких параметров зависит пространственное разрешение метода OTDR.

2.4.3. Шкалы оценивания результатов обучения на зачете / экзамене

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по 4-х балльной шкале оценивания.

Типовые шкала и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета/ экзамена для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в общей части ФОС магистерской программы.

3. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

3.1. Оценка уровня сформированности компонентов дисциплинарных компетенций

При оценке уровня сформированности компетенций в рамках выборочного контроля при дифференцированном зачете считается, что *полученная оценка за компонент проверяемой в билете компетенции обобщается на соответствующий компонент всех компетенций, формируемых в рамках данной учебной дисциплины.*

Общая оценка уровня сформированности всех компетенций проводится путем агрегирования оценок, полученных студентом за каждый компонент формируемых компетенций, с учетом результатов текущего и рубежного контроля в виде интегральной оценки по 4-х балльной шкале. Все результаты контроля заносятся в оценочный лист и заполняются преподавателем по итогам промежуточной аттестации.

Форма оценочного листа и требования к его заполнению приведены в общей части ФОС образовательной программы.

При формировании итоговой оценки промежуточной аттестации в виде дифференцированного зачета используются типовые критерии, приведенные в общей части ФОС образовательной программы.

**Приложение к ФОС для проведения промежуточной аттестации
по дисциплине «Основы волоконно-оптических датчиков»**

**Типовые контрольные задания для оценки результатов обучения
по дисциплине, формирующих дисциплинарные части компетенций**

Вопросы для контроля усвоенных знаний:

1. От чего зависит спектр отражения/пропускания волоконной брэгговской решетки (ВБР)?
2. Назовите основные параметры спектра ВБР.
3. Что такое эффект Фарадея? Что понимается под невзаимностью эффекта Фарадея? Как эффект Фарадея проявляется в оптическом волокне?
4. Физический принцип работы ВОД тока.
5. Принципы временной оптической рефлектометрии и её возможности.
6. В качестве датчиков каких величин может использоваться оптическое волокно в схемах бриллюэновской рефлектометрии.
7. Опишите физические механизмы, на которых основываются измерительные преобразования в распределенных ВО сенсорных сетях, использующих методы бриллюэновской рефлектометрии.

Вопросы для контроля усвоенных умений:

1. Какими способами можно сдвинуть рабочую точку ВО-интерферометра Маха-Цендера на середину линейного участка рабочей характеристики (зависимости выходной интенсивности от разности фаз между опорным и измерительным каналом). Чему будет равен этот сдвиг в радианах? Зачем необходимо сдвигать рабочую точку гомодинного ВО-интерферометра Маха-Цендера?
2. Каким способом можно изменять чувствительность волоконно-оптического датчика тока на основе эффекта Фарадея?
3. Учитывая, что время существования акустических фононов при комнатной температуре имеет порядок 10^{-8} с, показать, что при рефлектометрии оптического волокна на основе анализа спонтанного рассеяния Мандельштама – Бриллюэна (метод BOTDR) на получаемой рефлектограмме не будет шумовых интерференционных экстремумов.

Вопросы для контроля усвоенных владений:

1. Используя характерные для ВБР физические параметры, например: размер ВБР $L = 8$ мм, ПП сердцевинины $n = 1.462$, среднее значение наведенного ПП $\Delta n_{dc} = 2.825 \cdot 10^{-5}$, период ВБР $\Lambda = 0.523$ мкм, рассчитайте длину волны брэгговского резонанса, максимальный коэффициент отражения решетки, ширину (на полувысоте) центрального

пика в спектре отражения.

2. Оцените величину пространственной разрешающей способности одиночного отражающего события при импульсной рефлектометрии оптического волокна во временной области для следующих известных параметров: показатель преломления сердцевины волокна $n = 1.462$, длительность импульса 50 нс, постоянная времени фотодетектора 5 нс.