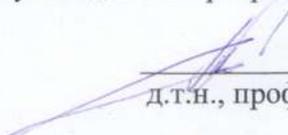


Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования

**«Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет»**

**УТВЕРЖДАЮ**

Руководитель программы аспирантуры

  
В.П. Первадчук  
д.т.н., профессор кафедры ПМ

« 17 » « МАЯ » 2022 г.

**Рабочая программа дисциплины по программе аспирантуры**

**«Программные пакеты для задач волоконной оптики»**

<b>Научная специальность</b>	2.2.6. Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
<b>Направленность (профиль) программы аспирантуры</b>	Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы
<b>Выпускающая(ие) кафедра(ы)</b>	Прикладная математика (ПМ) Общая физика (ОФ)
<b>Форма обучения</b>	Очная
<b>Курс: 2</b>	<b>Семестр (ы): 3</b>
<b>Виды контроля с указанием семестра:</b>	
Экзамен:	Зачет: 3
	Диф.зачет

Пермь 2022

## **1. Общие положения**

Рабочая программа дисциплины «Программные пакеты для задач волоконной оптики» разработана на основании следующих нормативных документов:

- Приказ Минобрнауки России от 20.10.2021 N 951 "Об утверждении федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), условиям их реализации, срокам освоения этих программ с учетом различных форм обучения, образовательных технологий и особенностей отдельных категорий аспирантов (адъюнктов)";
- Постановление Правительства РФ от 30.11.2021 N 2122 "Об утверждении Положения о подготовке научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре)";
- Самостоятельно устанавливаемые требования к реализуемым программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Пермского национального исследовательского политехнического университета;
- Базовый план по программе аспирантуры;
- Паспорт научной специальности.

**1.1 Цель учебной дисциплины** – формирование комплекса знаний, умений и навыков в области оптических и оптико-электронных приборов и комплексов.

### **1.2 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина «Программные пакеты для задач волоконной оптики» является вариативной дисциплиной образовательного компонента плана аспиранта.

Дисциплина используется при подготовке к сдаче зачета по специальности 2.2.6. – «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы».

## **2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

В результате изучения дисциплины аспирант должен демонстрировать следующие результаты:

### **Знать:**

– основные физические законы и принципы генерации, усиления, распространения и детектирования оптического излучения.

### **Уметь:**

– разрабатывать математические модели процессов и явлений генерации, усиления, распространения и детектирования оптического излучения.

### **Владеть:**

– навыками работы в программных пакетах для реализации математических моделей процессов и явлений генерации, усиления, распространения и детектирования оптического излучения для задач волоконной оптики.

### 3. Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Таблица 1

Объем и виды учебной работы

№ п.п.	Вид учебной работы	Трудоемкость, ч
		3 семестр
1	Аудиторная работа	39
	В том числе:	
	Лекции (Л)	
	Практические занятия (ПЗ)	32
2	Контроль самостоятельной работы (КСР)	7
	Самостоятельная работа (СР)	69
	Форма итогового контроля:	Зачет

### 4. Содержание учебной дисциплины

#### 4.1. Содержание разделов и тем учебной дисциплины

##### Раздел 1. «Программный пакет для разработки опτικο-волоконных систем OptiSystem»

(Л – 0, ПР - 8, СР – 19)

Тема 1. Оптические источники. Модуляция светодиода, модуляция полупроводникового лазера. Чирп в модуляторах Маха-Цандера из ниобата лития. Спектр светодиода. Полупроводниковый лазер ватт-амперная характеристика, лазерный шум и ширина линии. Поверхностно-излучающий лазер с вертикальным резонатором. Получение параметров лазера исходя из измеряемых величин.

Тема 2. Оптические волокна. Распространение Гауссова импульса дисперсия групповой скорости. Поляризационно-модовая дисперсия (ПМД), эффекты кросс-фазовой модуляции, четырех-волновое смешение. Комбинация дисперсии и фазовой самомодуляции для гауссова импульса и для модуляционной нестабильности. ПМД – уширение. Вынужденное комбинационное рассеяние, спектральное уширение за счет фазовой самомодуляции, спектральное уширение за счет фазовой кросс-модуляции. Затвор Керра. Двухнаправленное моделирование волоконных систем включая и комбинационное рассеяние.

Тема 3. Оптические приемники. Форматы модуляции, эквивалентный тепловой шум приемника, чувствительность приемника, коэффициент шума PIN-фотодиода. Сигнал-шум лавинного фотодиода. Чувствительность приемника и коэффициент битовых ошибок (BER). Минимальная входная мощность, ухудшение чувствительности приемника, фазовое дрожание цифрового сигнала данных. Электрическая фазовая автоподстройка частоты.

Тема 4. Волоконно-оптические усилители на активных волокнах. Анализ коэффициента усиления и шума в легированном эрбием волоконном усилителе (EDFA). Оптимизация усиления, оптимизация усиления EDFA для WDM-систем, влияние поглощения на производительность EDFA, эффекты ионно-ионного взаимодействия. Рэлеевское обратное рассеяние в EDFA, неоднородное уширение в EDFA. Силовые переходные процессы в EDFA. Температурная зависимость в EDFA. Иттербиевые волоконные усилители, накачка, усиление нескольких мод в эрбиевых многомодовых волокнах. Лазер ультракоротких импульсов, тулиевые волоконные усилители.

Тема 5. Волоконные усилители на комбинационном рассеянии (Рамановские усилители). Полоса пропускания 100 нм с плоским коэффициентом усиления - модель средней мощности, уплощение кривой усилителя широкополосного комбинационного усилителя с несколькими накачками. Оптимизация мощности накачки и частоты рамановских усилителей для повышения плоскостности кривой усиления, динамическая модель усилителя на комбинационном рассеянии.

## **Раздел 2. «Программный пакет для разработки волоконных брэгговских решеток OptiGrating»**

(Л – 0, ПР - 8, СР – 16)

Тема 6. Теоретические основы. Интегрально-оптические и волоконно-оптические решетки. Теория связи мод. Профиль показателя преломления волокна, волновода, волноводные моды. Материальная и волноводная Дисперсия. Комплексный профиль показателя преломления. Фоточувствительность профиля показателя преломления волокна, волновода. Моделирование дифракционных решеток. Уравнения связанных мод, метод матричного переноса. Импульсный отклик решетки, датчик на волоконной решетке, характеристики решетки, обратная задача рассеяния.

Тема 7. Создание моделей решеток. Визуализация спектров решетки. Моделирование брэгговской решетки по заданному коэффициенту отражения, элементы усиления EDFA. Дисперсионные компенсаторы для волоконной связи, подавление боковых полос дифракционной решеткой с аподизацией. Базисы волоконных и волноводных мод. Сканирование параметров брэгговской решетки и отслеживание изменения спектра. Синтез полосового фильтра, суперструктурированная ВБР, решетка. Фазосдвигающий фильтр в плоском волноводе. Длиннопериодные брэгговские решетки. Изменение формы импульса посредством однородной волоконной решетки. Изменение формы импульса посредством аподизированной брэгговской волоконной решетки. Создание модели волоконной брэгговской решетки с чирпированием и апподизацией.

## **Раздел 3. «Программные пакеты для разработки оптических волокон, диэлектрических световодов»**

(Л – 0, ПР - 8, СР – 17)

Тема 8. Программный пакет для разработки оптического волокна OptiFiber. Начало работы с OptiFiber. Профиль показателя преломления оптического волокна. Расчет модового режима оптического волокна, одномодовое волокно. Фундаментальная мода - моды высшего порядка. Произвольно выбранная группа мод, длина волны отсечки. Двупреломление. Поляризация модовая дисперсия. Реальный образец волокна. Волокно со смещенной дисперсией.

Тема 9. Программный пакет для разработки диэлектрических световодов OptiBPM. Создание простого многоводного интерференционного ответвителя. Создание многоводного интерференционного звездообразного ответвителя. Разработка 3dB разветвитель (50/50) с использованием VB Script. Применение задаваемых процессов диффузии. 3D OptiMode Solver. Создание интегрально-оптоволоконно разветвителя. Электро-оптический модулятор. Встроенная оптическая схема моделирования с использованием OptiBPM и OptiSystem. Применение определяемых пользователем профилей диффузии, переключатель на основе интерферометра Маха-Цандера. Моды волокна со ступенчатым профилем показателя преломления. Моды волокна с градиентным профилем показателя преломления, модовый анализ анизотропного волновода.

## **Раздел 4. «Ознакомление с возможностями программных пакетов разработки нелинейных фотонных компонентов - Opti FDTD, оптоэлектронных элементов. Opti SPICE»**

(Л – 0, ПР - 8, СР – 17)

Тема 10. Возможности программного пакета для разработки пассивных и нелинейных фотонных компонентов Opti FDTD . Разработка моделей фотонно-кристаллических и фотонной запрещенной зоной, модель Друде для благородных металлов и поверхностных плазмонов. Нелинейность второго порядка. Четырехволновое смешение. Моделирование плоской волны. Разработка разностной временной модели полосы, модель Лоренц-Друде для металла и поверхностных плазмонов. Анализ 1D фотонных кристаллов (брэгговских решеток). Анализ 2D фотонных кристаллов. Анализ 3D фотонных кристаллов. Анализ 2D Дефектов в фотонных кристаллах. Моделирование дифракционных решеток. Расчет мощности пропускания и отражения с помощью VB Script. Моделирование

параметра стреловидности. Поглощение и нагрев, моделирование 3D поверхностного плазмона, моделирование 3D макета с использованием неравномерной сетке.

Тема 11. Возможности программного пакета для разработки модели устройств оптоэлектроники Opti SPICE. Переключение каналов на основе Микроэлектромеханической системы, электро-абсорбционный модулятор. Кольцевой переключатель Массив Вертикально-излучающих лазеров. Конструкция управления питанием.

#### 4.2. Перечень тем практических занятий

Таблица 2

Темы практических занятий (из пункта 4.1)

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы практического занятия	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Оптические источники. Модуляция светодиода, модуляция полупроводникового лазера. Чирп в модуляторах Маха-Цандера из ниобата лития. Спектр светодиода.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
2	2	Оптические волокна. Распространение Гауссового импульса дисперсия групповой скорости. Поляризационно-модовая дисперсия (ПМД), эффекты кросс-фазовой модуляции, четырех-волновое смешение. Комбинация дисперсии и фазовой самомодуляции для гауссова импульса и для модуляционной нестабильности.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
3	3	Оптические приемники. Форматы модуляции, эквивалентный тепловой шум приемника, чувствительность приемника, коэффициент шума PIN-фотодиода. Сигнал-шум лавинного фотодиода.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
4	4	Анализ коэффициента усиления и шума в легированном эрбием волоконном усилителе (EDFA). Оптимизация усиления, оптимизация усиления EDFA для WDM-систем, влияние поглощения на производительность EDFA, эффекты ионно-ионного взаимодействия.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
5	5	Волоконные усилители на комбинационном рассеянии	Собеседование. Творческое	Вопросы по темам / разделам

		(Рамановские улитители). Полоса пропускания 100 нм с плоским коэффициентом усиления - модель средней мощности, уплощение кривой усилителя широкополосного комбинационного усилителя с несколькими накачками.	задание.	дисциплины. Темы творческих заданий.
6	6	Теоретические основы. Интегрально-оптические и волоконно-оптические решетки. Теория связи мод. Профиль показателя преломления волокна, волновода, волноводные моды. Материальная и волноводная Дисперсия. Комплексный профиль показателя преломления.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
7	7	Создание моделей решеток. Визуализация спектров решетки. Моделирование брегговской решетки по заданному коэффициенту отражения, элементы усиления EDFA. Дисперсионные компенсаторы для волоконной связи, подавление боковых полос дифракционной решеткой с аподизацией.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
8	8	Начало работы с OptiFiber. Профиль показателя преломления оптического волокна. Расчет модового режима оптического волокна, одномодовое волокно. Фундаментальная мода - моды высшего порядка.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
9	9	Создание простого многоводного интерференционного ответвителя. Создание многоводного звездообразного ответвителя. Разработка 3dB разветвителя (50/50) с использованием VB Script. Применение задаваемых процессов диффузии. 3D OptiMode Solver. Создание интегрально-оптоволоконно разветвителя. Электро-	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

		оптический модулятор.		
10	10	Разработка моделей фотонно-кристаллических и фотонной запрещенной зоной, модель Друде для благородных металлов и поверхностных плазмонов. Нелинейность второго порядка. Четырехволновое смешение. Моделирование плоской волны. Разработка разностной временной модели полосы, модель Лоренц-Друде для металла и поверхностных плазмонов. Анализ 1D фотонных кристаллов (брэгговских решеток). Анализ 2D фотонных кристаллов. Анализ 3D фотонных кристаллов.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.
11	11	Микроэлектромеханической системы, электро-абсорбционный модулятор.	Собеседование. Творческое задание.	Вопросы по темам / разделам дисциплины. Темы творческих заданий.

#### 4.3. Перечень тем для самостоятельной работы аспирантов

Самостоятельная работа аспирантов заключается в теоретическом изучении конкретных вопросов и выполнении творческих заданий.

Таблица 3

Темы самостоятельных заданий

№ п.п.	Номер темы дисциплины	Наименование темы самостоятельной работы	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства
1	1	Полупроводниковый лазер ватт-амперная характеристика, лазерный шум и ширина линии. Поверхностно-излучающий лазер с вертикальным резонатором. Получение параметров лазера исходя из измеряемых величин.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
2	2	ПМД – уширение. Вынужденное комбинационное рассеяние, спектральное уширение за счет фазовой самомодуляции, спектральное уширение за счет фазовой кросс-модуляции. Затвор Керра. Двухнаправленное	Творческое задание	Темы творческих заданий

		моделирование волоконных систем включая и комбинационное рассеяние.		
3	3	Чувствительность приемника и коэффициент битовых ошибок (BER). Минимальная входная мощность, ухудшение чувствительности приемника, фазовое дрожание цифрового сигнала данных. Электрическая фазовая автоподстройка частоты.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
4	4	Рэлеевское обратное рассеяния в EDFA, неоднородное уширение в EDFA. Силовые переходные процессы в EDFA. Температурная зависимость в EDFA. Иттербиевые волоконные усилители, накачка, усиление нескольких мод в эрбиевых многомодовых волокнах. Лазер ультракоротких импульсов, тулиевые волоконные усилители.	Творческое задание	Темы творческих заданий
5	5	Оптимизация мощности накачки и частоты рамановских усилителей для повышения плоскостности кривой усиления, динамическая модель усилителя на комбинационном рассеянии.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
6	6	Фоточувствительность профиля показателя преломления волокна, волновода. Моделирование дифракционных решеток. Уравнения связанных мод, метод матричного переноса. Импульсный отклик решетки, датчик на волоконной решетке, характеристики решетки, обратная задача рассеяния.	Творческое задание	Темы творческих заданий
7	7	Базисы волоконных и волноводных мод. Сканирование параметров брегговской решетки и отслеживание изменения спектра. Синтез полосового фильтра, суперструктурированная ВБР,	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины

		решетка. Фазосдвигающий фильтр в плоском волноводе. Длиннопериодные брегговские решетки. Изменение формы импульса посредством однородной волоконной решетки. Изменение формы импульса посредством аподизированной брегговской волоконной решетки. Создание модели волоконной брегговской решетки с чирпированием и аподизацией.		
8	8	Произвольно выбранная группа мод, длина волны отсечки. Двупреломление. Поляризационная модовая дисперсия. Реальный образец волокна. Волокно со смещенной дисперсией.	Творческое задание	Темы творческих заданий
9	9	Встроенная оптическая схема моделирования с использованием OptiBPM и OptiSystem. Применение определяемых пользователем профилей диффузии, переключатель на основе интерферометра Маха-Цандера. Моды волокна со ступенчатым профилем показателя преломления. Моды волокна с градиентным профилем показателя преломления, модовый анализ анизотропного волновода.	Собеседование	Вопросы по темам / разделам дисциплины
10	10	Анализ 2D Дефектов в фотонных кристаллах. Моделирование дифракционных решеток. Расчет мощности пропускания и отражения с помощью VB Script. Моделирование параметра стреловидности. Поглощение и нагрев, моделирование 3D поверхностного плазмона, моделирование 3D макета с использованием неравномерной сетке.	Творческое задание	Темы творческих заданий
11	11	Кольцевой переключатель Массив Вертикально-	Собеседование	Вопросы по темам / разделам

	излучающих лазеров. Конструкция управления питанием.	дисциплины
--	---	------------

### 5. Методические указания для аспирантов по изучению дисциплины

При изучении дисциплины «Программные пакеты для задач волоконной оптики» аспирантам 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. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается 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, библиотечно-справочного и информационного, информационно-справочного обеспечения для работы аспиранта по дисциплине

#### 6.1. Библиотечные фонды и библиотечно-справочные системы

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
<b>1 Основная литература</b>		
1	<i>Колесов Ю. Б., Сениченков Ю. Б. Моделирование систем : учебное пособие для вузов. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2006. 224 с.</i>	15
2	<i>Торшина И. П. Компьютерное моделирование опто-электронных систем первичной обработки информации. Москва : Логос, 2009. 245 с.</i>	2
<b>2 Дополнительная литература</b>		
<b>2.1 Учебно-методические, научные издания</b>		
1	<i>Дифракционная оптика и нанофотоника / Безус Е. А., Быков Д. А., Досколович Л. Л., Ковалёв А. А. Москва : Физматлит, 2014. 606 с. 49,4 усл. печ.л.</i>	1
<b>2.2 Периодические издания</b>		
1	<i>Квантовая электроника : журнал / Российская академия наук; Физический институт им. П. Н. Лебедева ; Институт общей физики им. А.М. Прохорова; Московский государственный инженерно-физический институт (технический университет); Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова. Международный учебно-научный лазерный центр; Астрофизика; Научно-исследовательский институт лазерной физики; Российская академия наук. Сибирское отделение; Институт лазерной физики; Научно-исследовательский институт "Полюс" им. М. Ф. Стельмаха. - Москва: Физ. ин-т им. П. Н. Лебедева РАН, 1971 - .</i>	
2	<i>Оптика и спектроскопия : журнал / Российская академия</i>	

№	Библиографическое описание (автор, заглавие, вид издания, место, издательство, год издания, количество страниц)	Количество экземпляров в библиотеке+кафедре; местонахождение электронных изданий
1	2	3
	наук. - Москва: Наука, 1956	
3	Оптический журнал : научно-технический журнал / Государственный оптический институт им. С. И. Вавилова; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики; Оптическое общество им. Д.С. Рождественского. - Санкт-Петербург: ГОИ им. С.И. Вавилова, 1931 - .	
4	Прикладная фотоника : журнал / Пермский национальный исследовательский университет. – Пермь: Издательство ПНИПУ, 2014	
<b>2.3 Нормативно-технические издания</b>		
1	не предусмотрены	
<b>2.4 Официальные издания</b>		
1	не предусмотрены	

## 6.2. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

### 6.2.1. Информационные и информационно-справочные системы

1. Электронная библиотека Пермского национального исследовательского политехнического университета [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных электрон. док., издан. в Изд-ве ПНИПУ] / Перм. нац. исслед. политехн. ун-т, Науч. б-ка. – Пермь, 2016. – Режим доступа: <http://elib.pstu.ru>, свободный. – Загл. с экрана.

2. ProQuest Dissertations & Theses Global [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : дис. и дипломные работы на ин. яз. по всем отраслям знания] / ProQuest LLC. – Ann Arbor, 2016. – Режим доступа: <http://search.proquest.com/pqdtglobal/dissertations>, по IP-адресам компьютер. сети Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

3. Электронная библиотека диссертаций РГБ [Электронный ресурс] : [полнотекстовая база данных : электрон. версии дис. и автореф. дис. по всем отраслям знания] / Электрон. б-ка дис. – Москва, 2003-2016. – Режим доступа: <http://diss.rsl.ru>, компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та. – Загл. с экрана.

### 6.2.2 Открытые интернет-ресурсы

1. Уроки по OptiSystem - <https://optiwave.com/category/optisystem-manuals/optisystem-tutorials/>
2. Уроки по OptiGrating - <https://optiwave.com/category/optigrating-manuals/optigrating-tutorials/>
3. Уроки по OptiFiber - <https://optiwave.com/category/optifiber-manuals/optifiber-tutorials/>
4. Уроки по OptiBPM - <https://optiwave.com/products/component-design/optibpm/bpm-overview/>
5. Уроки по Opti FDTD - <https://optiwave.com/category/optifdtd-manuals/optifdtd-background-and-tutorials/>
6. Уроки по OptiSPICE - <https://optiwave.com/category/resources/applications-resources/>
7. Лазерный Портал - <http://laser-portal.ru/>
8. Энциклопедия физики и техники - <http://femto.com.ua/>
9. The Encyclopedia of Laser Physics and Technology – <https://www.rp-photonics.com/>

## 7. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### 7.1. Основное учебное оборудование. Рабочее место аспиранта.

Таблица 4

№ п.п.	Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката, лабораторное оборудование)	Кол-во, ед.	Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.)	Номер аудитории
1	2	3	4	5
1	Компьютер в комплекте (системный блок Core i3, монитор Acer S236HL, клавиатура Logitech, мышь Logitech) 12 шт.	12	Собственность	№ 322 корп. А гл.
2	Мультимедиа-проектор Mitsubishi XD280U, XGA,3000ANSI.	1	Собственность	№ 322 корп. А гл.
3	Интерактивная доска SMARTBoard 680;	1	Собственность	№ 322 корп. А гл.

## 8. Фонд оценочных средств

Освоение учебного материала дисциплины запланировано в течении одного семестра. Формой контроля освоения результатов обучения по дисциплине является зачет, проводимый с учетом результатов текущего контроля.

### 8.1. Описание показателей и критериев оценивания, описание шкал оценивания.

Контроль качества освоения дисциплины включает в себя текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию аспирантов

- **Текущий контроль**

Текущий контроль успеваемости обеспечивает оценку освоения дисциплин и проводится в форме собеседования и защиты отчета о творческом задании.

- **Собеседование**

Для оценки **знаний** аспирантов проводится собеседование в виде специальной беседы преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной для выяснения объема знаний по определенному разделу, теме, проблеме.

Собеседование может выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

- **Защита отчета о творческом задании**

Для оценки **умений и владений** аспирантов используется творческое задание, имеющее нестандартное решение и позволяющее интегрировать знания различных областей, аргументировать собственную точку зрения.

Творческие задания могут выполняться в индивидуальном порядке или группой аспирантов.

### Промежуточная аттестация

Допуск к промежуточной аттестации осуществляется по результатам текущего контроля. Промежуточная аттестация проводится в виде зачета по дисциплине, в устно-письменной форме по билетам. Билет содержит теоретические вопросы (ТВ) и практическое задание (ПЗ).

Билет формируется таким образом, чтобы в него попали вопросы и практические задания. Пример билета представлен в приложении 1.

- **Шкала оценивания результатов обучения при зачете:**

Оценка результатов обучения по дисциплине в форме уровня сформированности компонентов *знать, уметь, владеть* заявленных дисциплинарных компетенций проводится по шкале оценивания «зачтено», «незачтено» путем выборочного контроля во время зачета.

Типовые шкалы и критерии оценки результатов обучения при сдаче зачета для компонентов *знать, уметь и владеть* приведены в табл. 4.

Таблица 4

Шкала оценивания результатов освоения на зачете

Оценка	Критерии оценивания
<i>Зачтено</i>	Аспирант продемонстрировал сформированные или содержащие отдельные пробелы знания при ответе на теоретический вопрос билета. Показал сформированные или содержащие отдельные пробелы <b>знания</b> в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.  Аспирант выполнил контрольное задание билета правильно или с небольшими неточностями. Показал успешное или сопровождающееся отдельными ошибками применение <b>навыков</b> полученных знаний и <b>умений</b> при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. Ответил на большинство дополнительных вопросов правильно.
<i>Незачтено</i>	При ответе на теоретический вопрос билета аспирант продемонстрировал фрагментарные <b>знания</b> при ответе на теоретический вопрос билета. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неправильных ответов.  При выполнении контрольного задания билета аспирант продемонстрировал частично освоенное <b>умение</b> и <b>применение</b> полученных навыков при решении профессиональных задач в рамках усвоенного учебного материала. При ответах на дополнительные вопросы было допущено множество неточностей.

### 9. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения по дисциплине

Задания для текущего контроля и проведения промежуточной аттестации должны быть направлены на оценивание:

1. уровня освоения теоретических понятий, научных основ профессиональной деятельности;
2. степени готовности аспиранта применять теоретические знания и профессионально значимую информацию и оценивание сформированности когнитивных умений.
3. приобретенных умений, профессионально значимых для профессиональной деятельности.

## 10. Типовые контрольные вопросы и задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов освоения дисциплины

Перечень контрольных вопросов и заданий для сдачи зачета по научной специальности 2.2.6. «Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы» разработан с учетом научных достижений научно-исследовательской школы кафедры.

Типовые творческие задания:

1. Разработка в программном пакете волоконной линии связи с заданными параметрами линии, подбор источника и приемника с учетом нелинейных эффектов в линии
2. Разработка в программном пакете волоконной брегговской решетки, реализующей заданный спектр пропускания
3. Разработка в программном пакете конструкции оптического волокна для достижения заданных характеристик

Типовые контрольные вопросы для оценивания знаний на **зачете** по дисциплине:

1. Теория связи мод.
2. Эффекты ионно-ионного взаимодействия в легированном эрбием волоконном усилителе
3. Методы расчета волоконной брегговской решетки по заданному спектру отражения

Типовые контрольные задания для оценивания приобретенных умений и владений на **зачете** по дисциплине:

1. Разработка в программном пакете волоконной линии связи с заданными параметрами линии с учетом нелинейных эффектов в линии, подбор источника и приемника
2. Разработка в программном пакете волоконной брегговской решетки, реализующей заданный спектр пропускания
3. Разработка в программном пакете конструкции оптического волокна для достижения заданных характеристик

Полный комплект вопросов и заданий для сдачи зачета в форме утвержденных билетов хранится на кафедре «ПМ».

**Программа**

Оптические и оптико-электронные приборы и комплексы

**Кафедра**

Прикладная математика

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**  
**ФГАОУ ВО «Пермский национальный**  
**исследовательский политехнический**  
**университет» (ПНИПУ)**

«Программные пакеты для задач волоконной оптики»

**БИЛЕТ № 1**

1. Методы расчета волоконного рамановского усилителя.
2. Разработка в программном пакете профиля показателя преломления оптического волокна для достижения заданных характеристик: длина волны отсечки <1290 нм; хроматическая дисперсия:

$$D(\lambda) = 1.85E-07*\lambda^3 - 9.84E-04*\lambda^2 + 1.70E+00*\lambda - 9.59E+02$$

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись)

Первадчук В.П.

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202 \_\_\_\_ г.

**Лист регистрации изменений**

<b>№ п.п.</b>	<b>Содержание изменения</b>	<b>Дата, номер протокола заседания кафедры. Подпись заведующего кафедрой</b>
1	2	3
1		
2		
3		
4		