



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

**ИНСТИТУТ НАУКОЕМКИХ ТЕХНОЛОГИЙ И ПЕРЕДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ (ШКОЛА)**

СОГЛАСОВАНО

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель ОП ДТФИТ

И.о. зам. директора по учебной и  
научно-исследовательской работе ИНТПМ

  
(подпись)

Нефедев К.В.  
(ФИО)



  
(подпись)

Красицкая С.Г.  
(ФИО.)

2022 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Суперкомпьютерные расчеты физических систем и процессов**  
**Образовательная Программа магистратуры**  
**по направлению подготовки 03.04.02 Физика,**  
**«Вычислительная физика и квантовые технологии**  
**(совместно с МФТИ)»**

Форма подготовки очная

курс 1 семестр 1  
лекции 8 час.  
практические занятия 18 час.  
лабораторные работы не предусмотрены.  
в том числе с использованием  
всего часов аудиторной нагрузки 26 час.  
самостоятельная работа 46 час.  
в том числе на подготовку к экзамену не предусмотрено.  
контрольные работы (количество) не предусмотрены  
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрены  
зачет 1 семестр  
экзамен не предусмотрен

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями  
Федерального государственного образовательного стандарта  
по направлению подготовки **03.04.02 Физика,**  
утвержденного приказом Министерства науки и высшего образования РФ  
от 7 августа 2020 г. № 891.

Рабочая программа обсуждена на заседании Департамента теоретической физики и  
интеллектуальных технологий, протокол № 4 от «25» ноября 2022 г.  
Директор департамента  
Теоретической физики и интеллектуальных технологий: Нефедев К.В.  
Составитель: профессор, д.ф.-м.н. Нефедев К.В.

Владивосток,  
2022

**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании ДТФИТ:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании ДТФИТ:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III Рабочая программа пересмотрена на заседании ДТФИТ:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании ДТФИТ:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор департамента \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины:**

Цель – познакомить слушателей с суперкомпьютерными технологиями, которые могут использоваться для физических и численных экспериментов.

Для освоения суперкомпьютерных технологий необходимо получить компетенции параллельного и многопоточного программирования. Параллельные вычисления — способ организации компьютерных вычислений, при котором программы разрабатываются как набор взаимодействующих вычислительных процессов, работающих параллельно (одновременно). Термин охватывает совокупность вопросов параллелизма в программировании, а также создание эффективно действующих аппаратных реализаций. Теория параллельных вычислений составляет раздел прикладной теории алгоритмов.

Существуют различные способы реализации параллельных вычислений. Каждый вычислительный процесс может быть реализован в виде процесса операционной системы, либо же вычислительные процессы могут представлять собой набор потоков выполнения внутри одного процесса ОС. Параллельные программы могут физически исполняться либо последовательно на единственном процессоре — перемежая по очереди шаги выполнения каждого вычислительного процесса, либо параллельно — выделяя каждому вычислительному процессу один или несколько процессоров (находящихся рядом или распределённых в компьютерную сеть).

Основная сложность при проектировании параллельных программ — обеспечить правильную последовательность взаимодействий между различными вычислительными процессами, а также координацию ресурсов, разделяемых между процессами.

Задачи:

изучить аппаратные средства, программные средства, настроить среду разработки параллельных и многопоточных программ ЭВМ.

Цель дисциплины: получение слушателями представления о принципах распараллеливания вычислительных процессов, языках программирования, используемых для распараллеливания, прикладных

пакетах и инструментах создания параллельных программ, их тонкой настройки и оптимизации в целях создания высокоэффективного программного обеспечения и методик параллельных вычислений для новых моделей вычислительных систем

Задачи дисциплины: знакомство с основными направлениями в области организации параллельных вычислений на многопроцессорных вычислительных системах; знакомство с технологиями параллельного программирования; приобретение навыков параллельного программирования с использованием интерфейса передачи сообщений; знакомство с технологией параллельного программирования на системах с общей оперативной памятью; знакомство с технологией параллельных вычислений на графических процессорах; приобретение навыков распараллеливания алгоритмов.

Потребность решения сложных прикладных задач с большим объемом вычислений и принципиальная ограниченность максимального быстродействия "классических" - по схеме фон Неймана - ЭВМ привели к появлению многопроцессорных вычислительных систем (МВС). Использование таких средств вычислительной техники позволяет существенно увеличивать производительность ЭВМ при любом существующем уровне развития компьютерного оборудования. При этом, однако, необходимо "параллельное" обобщение традиционной - последовательной - технологии решения задач на ЭВМ. Так, численные методы в случае МВС должны проектироваться как системы параллельных и взаимодействующих между собой процессов, допускающих исполнение на независимых процессорах. Применяемые алгоритмические языки и системное программное обеспечение должны обеспечивать создание параллельных программ, организовывать синхронизацию и взаимоисключение асинхронных процессов и т.п.

Предметом рассмотрения является изучение перечисленного круга вопросов. Цель дисциплины состоит в освоении технологий параллельного программирования для многопроцессорных вычислительных систем.

Использование многопроцессорных вычислительных систем предполагает практическое освоение следующих разделов параллельного программирования:

Архитектурные принципы реализации параллельной обработки в вычислительных машинах;

Методы и языковые механизмы конструирования параллельных программ;

Параллельные вычислительные методы.

Изучение перечисленных тем достигается наличием в настоящем курсе следующего набора разделов:

Цели и задачи параллельной обработки данных.

Принципы построения параллельных вычислительных систем.

Моделирование и анализ параллельных вычислений.

Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ.

Системы разработки параллельных программ.

Параллельные численные алгоритмы для решения типовых задач вычислительной физики.

Выполнение практических заданий по разработке параллельных алгоритмов и программ осуществляется на высокопроизводительном вычислительном кластере Дальневосточного федерального университета.

Для успешного изучения дисциплины «Суперкомпьютерные технологии для физических и численных экспериментов» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- УК-1.4. осуществляет работу с информационными источниками, научный поиск и анализ информации для решения поставленных задач.

- УК-6.2. планирует собственное время; определяет стратегические, тактические и оперативные задачи.

Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Педагогический	<b>ПК-5</b> Способен осуществлять профессиональную деятельность в соответствии юридическими и морально-этическими нормами профессиональной этики	ПК-5.1 Применяет на практике требования законов и иных нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни)
		ПК-5.2 Применяет в своей деятельности нормы профессиональной этики, обеспечивает конфиденциальность сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности

2. Трудоемкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы (108 академических часов).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося					Контроль	Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР		
1	Раздел 1. Введение. Цели, задачи и проблемы параллельных вычислений. Основные проблемы использования параллельной обработки данных	1	1		2				ПК-5.1 ПК-5.2
2	Раздел 2. Архитектура высокопроизводительных ЭВМ.		1		2				
3	Раздел 3. Архитектура высокопроизводительных ЭВМ.  Классификация многопроцессорных вычислительных систем  Моделирование и анализ параллельных алгоритмов		-			-	46	-	ПК-5.1 ПК-5.2
4	Раздел 4. Временная сложность алгоритма  Модель параллельных		1		2				

	вычислений в виде сети Петри								
5	Раздел 5. Понятие процесса. Проблемы взаимодействия процессов  Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ		1		2				ПК-5.1 ПК-5.2
6	Раздел 6. Интерфейс передачи сообщений MPI  Технология программирования OpenMP		1		2				ПК-5.1 ПК-5.2
7	Раздел 7. Технология CUDA. Многопоточность.		1		2				ПК-5.1 ПК-5.2
8	Раздел 8. Алгоритм Метрополиса		1		2				ПК-5.1 ПК-5.2
9	Раздел 9. Алгоритм Ванга-Ландау		1		2				ПК-5.1 ПК-5.2
10	Раздел 10. Кластерные алгоритмы		1		2				ПК-5.1 ПК-5.2
10	Итого:	7	8	-	18	-	46	-	

### **3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

#### **Лекционные занятия**

#### 1. Цели и задачи введения параллельной обработки данных

##### 1.1. Необходимость

Ограничение максимальной производительности однопроцессорных ЭВМ. Постоянная необходимость решения задач, превышающих возможности

современных ЭВМ (проблемы "большого вызова"). Необходимость коллективного режима решения задач. Автоматизация управления распределенных технических систем. Технические требования по снижению стоимости и повышению надежности.

## 1.2. История введения параллелизма

## 1.3. Различие многозадачных, параллельных и распределенных вычислений

## 1.4. Проблемы использования параллелизма

Существование последовательных алгоритмов (закон Амдаля). Повышение производительности последовательных компьютеров (закон Мура). Потери на взаимодействие и передачу данных (гипотеза Минского). Высокая стоимость параллельных систем (закон Гроша). "Последовательность" существующих алгоритмов и программного обеспечения. Зависимость эффективности параллельных вычислений от учета особенностей аппаратуры. Сложность разработки параллельных алгоритмов. Трудоемкость проверки правильности параллельных программ.

## 2. Принципы построения параллельных вычислительных систем

### 2.1. Пути достижения параллелизма

Функциональные вычислительные устройства. Многоуровневая и модульная память. Конвейерные и векторные вычисления. Процессорные матрицы. Многопроцессорные вычислительные системы с общей и распределенной памятью (мультипроцессоры и мультикомпьютеры). Микропроцессорные системы.

### 2.2. Способы построения многопроцессорных вычислительных систем

Схемы коммутации (полная коммутация - общая память, перекрестные коммутаторы, локальные схемы коммутации - общая шина, решетки, кластеры). Анализ параллельных алгоритмов и типовые топологии схем

коммутации - кольцо, линейка, решетки, полный граф, гиперкуб, тор, дерево.  
Аппаратная реализация и программная эмуляция топологий.

### 2.3. Виды параллельных вычислительных систем

СуперЭВМ. Многопроцессорные вычислительные комплексы (МВС).  
Многомашинные вычислительные комплексы. Сети ЭВМ.

### 2.4. Классификация

Систематики Флинна и Шора. Потоки данных (команд). Структурная нотация Хокни и Джесхоупа.

### 2.5. Оценка производительности МВС

Общее выражение для оценки производительности для разного типа МВС.  
Максимальная (пиковая) производительность. Степень параллелизма (длина  
полупроизводительности). Удельная производительность. Значения  
показателей для ряда МВС.

## 3. Моделирование и анализ параллельных вычислений

### 3.1. Модели параллельных вычислительных систем

Компьютер с неограниченным параллелизмом (паракомпьютер). Модели  
многопроцессорных систем с общей и распределенной памятью. Модель  
конвейерной системы.

### 3.2. Модель алгоритма в виде графа "операнд - операции"

Представление алгоритма в виде графа потока данных. Расписание  
параллельных вычислений. Показатель временной сложности алгоритма.

Оценка времени выполнения алгоритма для паракомпьютера (предельное распараллеливание) и для систем с конечным количеством процессоров. Зависимость оценок от топологии графа алгоритма и необходимость оптимизации структуры графа. Способы получения оптимального расписания вычислений.

### 3.3. Модель параллельных вычислений

### 3.4. Модель параллельных вычислений в виде графа "процесс-ресурс"

Понятие процесса. Синхронизация параллельных процессов. Аппарат событий. Пример реализации в операционной системе Unix.

Взаимоисключение параллельных процессов. Концепция ресурса. Механизмы взаимного исключения: алгоритм Деккера, семафоры (Дейкстра), мониторы (Вирт). Примеры решения стандартных задач взаимного исключения: кольцевой буфер, проблема "читатели и писатели".

Взаимодействие параллельных процессов посредством механизма передачи сообщений. Механизмы передачи: очереди, почтовые ящики, порты. Принцип рандеву в языках Ада и ОККАМ.

Проблемы взаимодействия процессов. Понятие тупика и условия его возникновения. Предотвращение тупиков. Алгоритм банкира. Обнаружение тупиков и восстановление состояния процессов.

Многозадачный режим работы ЭВМ как частный случай параллельной обработки.

## 4. Принципы разработки параллельных алгоритмов и программ

### 4.1. Оценка эффективности параллельных вычислений

Показатель эффекта распараллеливания (ускорение). Эффективность

использования вычислительной системы. Способы оценки показателей. Основные характеристики вычислительной системы, влияющие на величины ускорения и эффективности (архитектура, количество процессоров, топология каналов передачи данных).

#### 4.2. Оценка коммуникационной трудоемкости параллельных алгоритмов

Характеристики топологий сети передачи данных. Алгоритмы маршрутизации. Методы передачи данных.

Анализ трудоемкости основных операций передачи данных. Передача данных между двумя процессорами сети. Одиночная и множественная рассылка сообщений. Операция циклического сдвига.

Методы логического представления топологии коммуникационной среды. Отображение кольцевой топологии и топологии решетки на гиперкуб.

#### 4.3. Уровни распараллеливания вычислений

Распараллеливание вычислений на уровне команд, выражений, программных модулей, отдельно выполняемых заданий.

#### 4.4. Этапы построения параллельных алгоритмов и программ

Выбор параллельного алгоритма. Реализация алгоритма в виде параллельной программы. Построение исполняемой программы для параллельной вычислительной системы. Параллельное исполнение машинной программы. Частные постановки: выбор оптимального алгоритма для конкретной вычислительной системы, нахождение наилучшей топологии вычислительной системы для решения определенной задачи, распараллеливание существующего алгоритма.

#### 4.5. Технологические аспекты распараллеливания

Декомпозиция алгоритма на параллельно исполняемые фрагменты вычислений. Распределение заданий по процессорам и балансировка. Синхронизация и взаимоисключение. Организация взаимодействия.

## 5. Системы разработки параллельных программ

### 5.1. Создание специализированных языков программирования

### 5.2. Расширение существующих языков программирования

Общая характеристика параллельных расширений алгоритмического языка Фортран. Автоматическая векторизация и распараллеливание. Проблемно-ориентированные компиляторы.

Общая характеристика стандарта OpenMP. Создание параллельных областей. Разделение вычислительной нагрузки между потоками. Работа с данными. Синхронизация. Функции и переменные окружения. Сравнительная характеристика подходов параллельного программирования для систем с распределенной и общей памятью.

### 5.3. Разработка специализированных библиотек

Система MPI. Общая характеристика. Поддержка модели взаимодействия параллельных вычислителей при помощи передачи сообщений. Основные программные примитивы системы MPI. Пример использования.

## 6. Параллельные численные алгоритмы для решения типовых задач вычислительной математики

### 6.1. Общие способы распараллеливания алгоритмов

Выявление функциональной независимости отдельных фрагментов

алгоритма (параллелизм команд). Геометрическое разделение вычислений (параллелизм данных). Иерархическая декомпозиция обработки данных.

## 6.2. Организация параллельного исполнения рекурсивных вычислений

Проблема рекурсивной зависимости этапов обработки данных. Каскадная схема. Подход для получения асимптотически ненулевой эффективности. Метод Оутса. Пример для вычисления частичных и общей сумм.

## 6.3. Параллельные численные алгоритмы линейной алгебры

Способы разбиения матриц (горизонтальная, вертикальная, блочные схемы). Методы вычисления произведения матриц с использованием разных схем разбиения матриц. Обеспечение предельно допустимого параллелизма. Обращение матриц. Параллельные методы решения систем линейных уравнений.

## 6.4. Параллельные численные алгоритмы

6.5. Параллельные численные алгоритмы многомерной многоэкстремальной оптимизации

Характеристическая схема представления методов глобального поиска. Общий принцип распараллеливания методов. Оценка эффективности введения параллелизма: эффективность и безызбыточность. Синхронные и асинхронные варианты алгоритмов. Определение наилучших топологий вычислительной системы для реализации методов.

# 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

## Практические занятия

## **Часть 1. Методы параллельного программирования для вычислительных систем с распределенной памятью**

### **1. Разработка параллельных программ с использованием интерфейса передачи сообщений MPI**

**Мини-MPI (старт, финиш, передача и прием сообщений).**

**Пример 1: Начальная параллельная программа (печать идентификаторов процессов) - запуск (локальный, распределенный). Оценка времени выполнения программы, синхронизация, коллективные операции.**

**Пример 2: Скалярное произведение векторов (самостоятельное задание 7).**

### **2. Практикум по разработке параллельных алгоритмов и программ для решения задач вычислительной математики - 6 часов**

**Обзор библиотеки MPI: установка, настройка, схема функционирования.**

**Пример 4: Решение задач распознавания образов (выполнение задания под руководством преподавателя).**

**Пример 5. Умножение матриц, ленточный алгоритм (самостоятельное задание 2).**

**Пример 6. Умножение матриц, блочные схемы распределения данных (алгоритмы Фокса и Кеннона).**

### **3. Практикум по использованию библиотек параллельных методов**

**Пример 7. Функции библиотеки для умножения матриц при блочном способе распределения данных" (алгоритмы Фокса и Кеннона): схема реализации, теоретическая оценка эффективности, вычислительные эксперименты.**

**Анализ интенсивности потоков передачи данных, осуществляемых в ходе параллельных вычислений в системах с распределенной памятью, с использованием инструментальной библиотеки ParaScore.**

**4. Практикум по оценке эффективности параллельных методов для разных топологий многопроцессорных вычислительных систем - 4 часа**

- Моделирование многопроцессорных вычислительных систем (выбор топологии, задание количества и производительности процессоров, выбор метода передачи данных и задание коммуникационных характеристик сети),**
- Определение класса решаемых задач и задание параметров задачи,**
- Выбор параллельного метода решения задачи и настройка значений его параметров,**
- Установка графических индикаторов для наблюдения за процессом параллельных вычислений (состояние данных на процессорах системы, передача информации по сети, текущая оценка решения исходной вычислительной задачи),**
- Проведение экспериментов в режиме имитации вычислений; пошаговый, последовательный (непрерывный) и циклический (серийный) способы проведения экспериментов; одновременное выполнение нескольких экспериментов в режиме разделения времени для разных вариантов топологии вычислительной системы, параметров задачи, количества процессоров и т.п.,**
- Анализ результатов с использованием сведений из журнала экспериментов; оценка времени решения задач в зависимости от размерности задачи и количества процессоров; построение зависимостей ускорения и эффективности параллельных вычислений,**
- Проведение экспериментов в режиме реальных параллельных вычислений; выполнение параллельных программ в виде множества независимых процессов на одном процессоре; удаленный доступ к**

**многопроцессорной вычислительной системе (кластеру); сравнение теоретических оценок и результатов реальных вычислительных экспериментов.**

**Часть 2. Методы параллельного программирования для вычислительных систем с общей памятью**

**5. Разработка параллельных программ с использованием технологии OpenMP - 2 часа**

**Общая характеристика технологии OpenMP: потоки, параллельные области, распределение вычислений между потоками.**

**Пример 8: Скалярное произведение векторов. Глобальные и локальные данные потоков. Критические секции доступа к разделяемым данным. Синхронизация.**

**Пример 9. Умножение матриц (варианты распараллеливания вложенных циклов, самостоятельное задание 3).**

**6. Практикум по разработке параллельных алгоритмов и программ для решения задач вычислительной математики - 6 часов**

**Пример 10. Параллельная сортировка: алгоритмы пузырьковой сортировки, сортировки Шелла и быстрой сортировки (выполнение задания под руководством преподавателя).**

**Пример 11. Задачи обработки графов: построение минимального охватывающего дерева, поиск кратчайших путей (самостоятельное задание 4)**

**Часть 3. Методы параллельного программирования для решения вычислительно-трудоемких научно-технических задач**

**7. Практикум по методам параллельных вычислений для решения дифференциальных уравнений в частных производных -4 часа**

**Общая характеристика методом конечных разностей (метод сеток) для численного решения дифференциальных уравнений.**

**Методы распараллеливания метода конечных разностей для вычислительных систем с общей памятью (организация взаимoisключения для оценки погрешности решения, избыток синхронизации, проблема сериализации и блокировки, обеспечение тождественности последовательного и параллельного вариантов расчетов, волновые схемы вычислений, блочная схема распределения данных, балансировка, использование очереди заданий).**

**Методы распараллеливания метода конечных разностей для вычислительных систем с распределенной памятью (ленточная и блочная схемы распределения данных, волновые схемы вычислений, оценка трудоемкости передачи данных).**

**Практикум по решению дифференциальных уравнений в частных производных с использованием учебно-исследовательской системы ParaGrid (постановка задачи, выполнение вычислений, визуализация данных, анализ результатов расчетов, изменение параметров и продолжение вычислений).**

**8. Практикум по использованию библиотек параллельных методов для решения сложных научно-технических задач - 4 часа**

**Пример 12: Умножение матриц**

## **5. СТРУКТУРА, СОДЕРЖАНИЕ, УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Вид самостоятельной работы	Дата/сроки выполнения	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	1-3 недели семестра	Подготовка к практическому занятию	8 час.	ПК-5.1 ПК-5.2
2	4-6 недели семестра	Подготовка к практическому занятию	8 час.	ПК-5.1 ПК-5.2
3	7-8 недели семестра	Подготовка к практическому занятию	8 час.	ПК-5.1 ПК-5.2
4	9-10 недели семестра	Подготовка к практическому занятию	8 час.	ПК-5.1 ПК-5.2
4	11-13 недели семестра	Подготовка к практическому занятию	8 час.	ПК-5.1 ПК-5.2
5	14-15 недели семестра	Подготовка к практическому занятию	8 час.	ПК-5.1 ПК-5.2
6	16-18 недели семестра	Подготовка к практическому занятию	6 час.	ПК-5.1 ПК-5.2
Итого:			46 час.	

### Рекомендации по самостоятельной работе студентов

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить конспект лекционного материала, соответствующий теме каждого практического занятия и, при необходимости, рассмотреть и детализировать отдельные интересующие или вызывающие затруднения в понимании моменты с помощью рекомендуемой литературы. Отчетность по каждому заданию предоставляется в последнюю неделю согласно графику.

### Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы

При подготовке к устному опросу (УО-1) воспользоваться материалами из рекомендованной литературы. Оцениваются:

- владение материалом;
- умение формулировать свои мысли, отстаивать свою точку зрения;
- умение задавать вопросы оппоненту;

- умение отвечать на вопросы оппонента;
- умение подвести итог по результатам обсуждения.

Контроль результатов самостоятельной работы студентов осуществляется в пределах времени, отведенного на обязательные учебные занятия и внеаудиторную самостоятельную работу студентов по дисциплине, проводится в письменной и устной форме.

Контроль самостоятельной работы студентов предусматривает:

- соотнесение содержания контроля с целями обучения;
- объективность контроля;
- валидность контроля (соответствие предъявляемых заданий тому, что предполагается проверить).

### **Критерии оценки результатов самостоятельной работы**

Критериями оценок результатов внеаудиторной самостоятельной работы студента являются:

- уровень освоения студентами учебного материала;
- умения студента использовать теоретические знания при выполнении практических задач;
- сформированность общеучебных умений;
- умения студента активно использовать электронные образовательные ресурсы, находить требующуюся информацию, применять на практике;
- обоснованность и четкость изложения ответа;
- оформление материала в соответствии с требованиями;
- умение ориентироваться в потоке информации, выделять главное;
- умение сформировать свою позицию, оценку и аргументировать ее.

## 6. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Разделы 1-3	ПК-5.1 Применяет на практике требования законов и иных нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни)	Знает требования законов и иных нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни).	Выполнение практических заданий ПК-5.1	Зачёт (рабочий суперкомпьютерный код)
			Умеет использовать законы и иные нормативно-правовые документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни).		
			Владеет навыками использования нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни).		
2	Разделы 4-6	ПК-5.2 Применяет в своей деятельности нормы профессиональной этики, обеспечивает конфиденциальность сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности	Знает нормы профессиональной этики, обеспечивает конфиденциальность сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности	Выполнение практических заданий ПК-5.2	Зачёт (рабочий суперкомпьютерный код)
			Умеет осуществлять деятельность с учетом норм профессиональной этики		
			Владеет навыками обеспечения конфиденциальности сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие результаты обучения, представлены в Приложении

## **7. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(электронные и печатные издания)*

1. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. - Н.Новгород, ННГУ, 2001.
2. Богачев К.Ю. Основы параллельного программирования. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2003.
3. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2002.
4. Немнюгин С., Стесик О. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем - СПб.: БХВ-Петербург, 2002.

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

5. Березин И.С., Жидков И.П. Методы вычислений. - М.: Наука, 1966.
6. Дейтел Г. Введение в операционные системы. Т.1.- М.: Мир, 1987.
7. Кнут Д. Искусство программирования для ЭВМ. Т. 3. Сортировка и поиск. - М.: Мир, 1981.
8. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: построение и анализ. - М.: МЦНТО, 1999.
9. Корнеев В.В.. Параллельные вычислительные системы. - М.: Нолидж, 1999.
10. Корнеев В.В. Параллельное программирование в MPI. Москва-Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003.
11. П.Тихонов А.Н., Самарский А.А. Уравнения математической физики. - М.:Наука, 1977.

12. Хамахер К., Вранешич З., Заки С. Организация ЭВМ. - СПб: Питер, 2003.
13. Шоу А. Логическое проектирование операционных систем. - М.: Мир, 1981.
14. Andrews G.R. Foundations of Multithreading, Parallel and Distributed Programming. Addison-Wesley, 2000 (русский перевод Эндрюс Г.Р. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2003)
15. Barker, M. (Ed.) (2000). Cluster Computing Whitepaper <http://www.dcs.port.ac.uk/~mab/tfcc/WhitePaper/>.
16. Braeunl T. Parallel Programming. An Introduction.- Prentice Hall, 1996.
17. Chandra, R., Menon, R., Dagum, L., Kohr, D., Maydan, D., McDonald, J. Parallel Programming in OpenMP. - Morgan Kaufmann Publishers, 2000
18. Dimitri P. Bertsekas, John N. Tsitsiklis. Parallel and distributed Computation. Numerical Methods. - Prentice Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 1989.
19. Fox G.C. et al. Solving Problems on Concurrent Processors. - Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1988.
20. Geist G.A., Beguelin A., Dongarra J., Jiang W., Manchek B., Sunderam V. PVM: Parallel Virtual Machine - A User's Guide and Tutorial for Network Parallel Computing. MIT Press, 1994.
21. Group W, Lusk E, Skjellum A. Using MPI. Portable Parallel Programming with the Message-Passing Interface. - MIT Press, 1994.(<http://www.mcs.anl.gov/mpi/index.html>)
22. Hockney R. W., Jesshope C.R. Parallel Computers 2. Architecture, Programming and Algorithms. - Adam Hilger, Bristol and Philadelphia, 1988. (русский перевод 1 издания: Р.Хокни, К.Джессхоуп. Параллельные ЭВМ. Архитектура, программирование и алгоритмы. - М.: Радио и связь, 1986)
23. Kumar V., Grama A., Gupta A., Karypis G. Introduction to Parallel Computing. - The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc., 1994

24. Miller R., Boxer L. A Unified Approach to Sequential and Parallel Algorithms. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ. 2000.

25. Pacheco, S. P. Parallel programming with MPI. Morgan Kaufmann Publishers, San Francisco. 1997.

26. Parallel and Distributed Computing Handbook. /Ed. A.Y. Zomaya. -McGraw-Hill, 1996.

27. Pfister, G. P. In Search of Clusters. Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ 1995. (2nd edn., 1998).

28. Quinn M. J. Designing Efficient Algorithms for Parallel Computers. - McGraw-Hill, 1987. 29.Rajkumar Buyya. High Performance Cluster Computing. Volume 1: Architectures and Systems. Volume 2: Programming and Applications. Prentice Hall PTR, Prentice-Hall Inc., 1999. 30.Roosta, S.H. Parallel Processing and Parallel Algorithms: Theory and Computation. Springer-Verlag, NY. 2000.

31. Xu, Z., Hwang, K. Scalable Parallel Computing Technology, Architecture, Programming. McGraw-Hill, Boston. 1998.

32. Wilkinson B., Allen M. Parallel programming. - Prentice Hall, 1999.

Учебно-методические пособия

33. Афанасьев К.Е. и др. Многопроцессорные вычислительные системы и параллельное программирование. - Кемерово: Кузбассвузиздат, 2003.

34. Головашкин Д.Л. Методы параллельных вычислений. Ч. 1. - Самара: Самар. гос. аэрокосм, ун-т, 2002.

35. Головашкин Д., С.П. Головашкина С.П. Методы параллельных вычислений. Ч. 2: . - Самара: Самар. гос. аэрокосм, ун-т, 2003.

36. Деменев А.Г. Параллельные вычислительные системы: основы программирования и компьютерного моделирования. - Пермь: ПГПУ, 2001.

37. Дацюк В.Н. и др. Методическое пособие по курсу "Многопроцессорные системы и параллельное программирование. - Ростов-на-Дону: РГУ, 2000.

38. Дорошенко А.Е. Математические модели и методы организаций высокопроизводительных вычислений. Киев: Наукова думка, 2000.
39. Комолкин А.В., Немнюгин С.А. Программирование для высокопроизводительных ЭВМ. - СПб: Изд-во НИИ химии СПбГУ, 1998.
40. Сергеев Я.Д., Стронгин Р.Г., Гришагин В.А. Введение в параллельную глобальную оптимизацию. - Н. Новгород: ННГУ, 1998.
41. Старченко А.В., Есаулов А.О., Параллельные вычисления на многопроцессорных вычислительных системах. - Томск: ТГУ, 2002.
42. Шпаковский Г.И., Серикова Н.В. Программирование для многопроцессорных систем в стандарте MPI: Пособие - Мн.: БГУ, 2002.
43. Фурсов В.А. и др. Введение в программирование для параллельных ЭВМ и кластеров. - Самара: СНЦ РАН, СГАУ, 2000.
44. Яковлевский М.В. Распределенные системы и сети. - М.: МГТУ "Станкин", 2000.

### **Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»**

45. Информационно-аналитические материалы по параллельным вычислениям (<http://www.parallel.ru>)
46. Информационные материалы Центра компьютерного моделирования Нижегородского университета (<http://www.software.unn.ac.ru/ccam>)
47. Информационные материалы рабочей группы IEEE по кластерным вычислениям (<http://www.ieeetfcc.org>)
48. Introduction to Parallel Computing (Teaching Course) (<http://www.ece.nwu.edu/~choudhar/C58/>)

49. Foster I. Designing and Building Parallel Programs. - Addison Wesley, 1994.(<http://www.mcs.anl.gov/dbpp>)

## **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

При осуществлении образовательного процесса по дисциплине используется общее программное обеспечение компьютерных учебных классов (Windows XP, Microsoft Office и др.).

## **8.МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.** Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, практические занятия.

*Лекционные занятия* ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить теоретические и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

*Практические занятия* акцентированы на принципиальных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

При подготовке к практическому занятию необходимо сначала ознакомиться с материалом лекции, а затем с материалами из основной и дополнительной литературы. Выучить основной теоретический материал по теме (по материалам лекций и основной литературы).

При работе с литературой необходимо внимательно изучать разделы, соответствующие теме занятия, при поиске информации в электронных системах необходимо правильно сформулировать поисковый запрос, лучше использовать несколько вариантов запроса для расширения возможности поиска информации в сети интернет. Использовать можно только информацию с официальных тематических сайтов или сайтов организаций.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают

необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче зачета, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

*Работа с литературой.* Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине могут проводиться в следующих помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением, расположенных по адресу 690022, г. Владивосток, о.Русский, п. Аякс, 10:

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы <sup>1</sup>	Оснащенность специальных помещений и помещений для проведения учебных занятий, для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
Учебные аудитории для проведения учебных занятий:		
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус L, ауд. L 561a. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 30). Доска аудиторная.	Специализированное ПО не требуется
Помещения для самостоятельной работы:		
A1042 аудитория для самостоятельной работы студентов	Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 115 шт.; Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox; Копир-принтер-	Microsoft Windows 7 Pro MAGic 12.0 Pro, Jaws for Windows 15.0 Pro, Open book 9.0, Duxbury

<sup>1</sup> В соответствии с п.4.3. ФГОС

	<p>цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C; Полноцветный копир-принтер-сканер Xerox WorkCentre 7530 (WC7530CPS Оборудование для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья: Дисплей Брайля Focus-40 Blue – 3 шт.; Дисплей Брайля Focus-80 Blue; Рабочая станция Lenovo ThinkCentre E73z – 3 шт.; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой; Устройство портативное для чтения плоскопечатных текстов PEa1; Сканирующая и читающая машина для незрячих и слабовидящих пользователей SARA; Принтер Брайля Emprint SpotDot - 2 шт.; Принтер Брайля Everest - D V4; Видео увеличитель ONYX Swing-Arm PC edition; Видео увеличитель Topaz 24" XL стационарный электронный; Обучающая система для детей тактильно-речевая, либо для людей с ограниченными возможностями здоровья; Увеличитель ручной видео RUBY портативный – 2 шт.; Экран Samsung S23C200B; Маркер-диктофон Touch Memo цифровой.</p>	<p>BrailleTranslator, Dolphin Guide (контракт № А238-14/2); Неисключительные права на использование ПО Microsoft рабочих станций пользователей (контракт ЭА-261-18 от 02.08.2018): - лицензия на клиентскую операционную систему; - лицензия на пакет офисных продуктов для работы с документами включая формат.docx , .xlsx , .vsd , .ptt.; - лицензия па право подключения пользователя к серверным операционным системам , используемым в ДВФУ : Microsoft Windows Server 2008/2012; - лицензия на право подключения к серверу Microsoft Exchange Server Enterprise; - лицензия па право подключения к внутренней информационной системе документооборота и порталу с возможностью поиска информации во множестве удаленных и локальных хранилищах, ресурсах, библиотеках информации, включая порталные хранилища, используемой в ДВФУ: Microsoft SharePoint; - лицензия на право подключения к системе централизованного управления рабочими станциями, используемой в ДВФУ: Microsoft System Center.</p>
--	---	---

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств представлены в приложении.

*(фонды оценочных средств включают в себя: перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины модуля, шкалу оценивания каждой формы, с описанием индикаторов достижения освоения дисциплины согласно заявленных компетенций, примеры заданий текущего и промежуточного контроля, заключение работодателя на ФОС (ОМ))*



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

НАЗВАНИЕ ШКОЛЫ (ФИЛИАЛА)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**  
**Суперкомпьютерные расчеты физических систем и процессов**  
**Образовательная Программа магистратуры**  
**по направлению подготовки 03.04.02 Физика,**  
**«Вычислительная физика и квантовые технологии**  
**(совместно с МФТИ)»**

Форма подготовки очная

**Владивосток**  
**2022**

**Перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины / модуля**

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Разделы 1-3	ПК-5.1 Применяет на практике требования законов и иных нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни)	Знает требования законов и иных нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни).	Выполнение практических заданий ПК-5.1	Зачёт (рабочий суперкомпьютерный код)
			Умеет использовать законы и иные нормативно-правовые документы в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни).		
			Владеет навыками использования нормативно-правовых документов в сфере образования (в т.ч., содержащие санитарно-гигиенические требования к образовательному процессу и нормы безопасности жизни).		
2	Разделы 4-6	ПК-5.2 Применяет в своей деятельности нормы профессиональной этики, обеспечивает конфиденциальность сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности	Знает нормы профессиональной этики, обеспечивает конфиденциальность сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности	Выполнение практических заданий ПК-5.2	Зачёт (рабочий суперкомпьютерный код)
			Умеет осуществлять деятельность с учетом норм профессиональной этики		
			Владеет навыками обеспечения конфиденциальности сведений о субъектах образовательных отношений, полученных в процессе профессиональной деятельности		

## Оценочные средства для текущего контроля

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (контрольных работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- посещение занятий
- результаты самостоятельной работы.

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

Оценка	Описание схемы оценивания
«Отлично»	Показывает глубокое и прочное усвоение материала раздела. Полные, последовательные, грамотные и логически излагаемые ответы. Демонстрация обучающимся знаний в объеме рекомендованной и дополнительной литературы. Учебный материал воспроизводится с требуемой степенью точности.
«Хорошо»	Наличие в ответе несущественных ошибок, уверенно исправляемых после дополнительных и наводящих вопросов. Демонстрация обучающимся знаний в объеме пройденной программы; чёткое изложение изученного материала.

«Удовлетворительно»	Наличие несущественных ошибок в ответе, не исправляемых обучающимся. Демонстрация недостаточно полных знаний по пройденной программе, неструктурированное, нестройное изложение учебного материала при ответе.
«Неудовлетворительно»	Демонстрирует непонимание проблемы, незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### Оценочные средства для промежуточной аттестации

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Шкала оценивания промежуточной аттестации			
		Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
ПК-3.4 Способен к анализу больших данных, управлению этапами жизненного цикла анализа больших данных, разработке и внедрению	Знает способы анализа больших данных	<i>Незнание базовой терминологии, основных понятий и законов</i>	<i>Знает базовую терминологию, основные понятия и законы теории</i>	<i>Знает базовую терминологию, основные понятия и законы теории, но допущены 2-3 несущественные ошибки.</i>	<i>Знает базовую терминологию, основные понятия и законы теории.</i>

новых методов и технологий исследования больших данных	Умеет управлять этапами жизненного цикла анализа больших данных	<i>Не может применять основные методы</i>	<i>Умеет применять основные методы, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки.</i>	<i>Умеет применять основные методы, но допущены 2-3 несущественные ошибки.</i>	<i>Умеет применять основные методы теории.</i>
	Владеет навыками разработки и внедрения новых методов и технологий исследования больших данных	<i>Не владеет навыками разработки и отладки</i>	<i>Владеет навыками разработки и отладки, но при этом допущены 1-2 существенные ошибки.</i>	<i>Владеет навыками применения разработок и отладки, но допущены 2-3 несущественные ошибки.</i>	<i>Владеет навыками применения суперкомпьютерных технологий</i>

## Вопросы к зачёту

1. Модели и моделирование. Основные понятия, определения.
2. Численные эксперименты
3. Преимущества численные эксперименты
4. Цели численных расчетов, численных экспериментов и принципы построения математических моделей
5. Классификация математических моделей.
6. Классификация математических моделей в зависимости от сложности объекта.
7. Классификация математических моделей в зависимости от оператора модели
8. Классификация математических моделей в зависимости от параметров модели
9. Классификация математических моделей в зависимости от целей моделирования и методов исследования
10. Этапы построения математической модели
11. Обследование объекта моделирования
12. Концептуальная и математическая постановка задачи моделирования.
13. Методики предварительной проверки корректности модели
14. Выбор и обоснование выбора метода решения задачи
15. Реализация математической модели в виде программы для ЭВМ
16. Проверка адекватности модели
17. Формальное подтверждение (или обоснование) адекватности разработанной модели

18. Оценка устойчивости и чувствительности модели

19. Практическое использование построенной модели и анализ результатов моделирования

**Заключение работодателя на ФОС (ОМ)**