

**БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
Ханты-Мансийского автономного округа – Югры  
«Сургутский государственный университет»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебно-методической  
работе

Е.В. Коновалова

«28» августа 2018 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ**

**«Дисциплина/дисциплины (модули), в том числе направленные на подготовку  
к сдаче кандидатских экзаменов»**

Направление подготовки:

**09.06.01 Информатика и вычислительная техника**

Направленность программы:

**Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Отрасль науки:

**Физико-математические**

Квалификация:

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения:

**очная**

Сургут, 2018 г.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями:

1) Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника (уровень подготовки кадров высшей квалификации) (зарегистрировано в Минюсте России 20.08.2014 № 33685), утвержденного приказом Министерства образования и науки России от 30.07.2014 г. №875.

2) Приказа Министерства образования и науки РФ от 30 апреля 2015 г. № 464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)».

3) Приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 марта 2014 г. № 247 «Об утверждении Порядка прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечня».

Автор(ы) программы:

к.ф.-м.н., доцент Гореликов А.В.

к.ф.-м.н., доцент Назин А.Г.



к.ф.-м.н., доцент Моргун Д.А.

д.ф.-м.н., профессор Галкин В.А.

к.ф.-м.н., доцент Ряховский А.В.

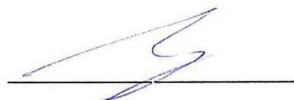
Согласование рабочей программы



Подразделение (кафедра/ библиотека)	Дата согласования	Ф.И.О., подпись нач. подразделения
Кафедра прикладной математики	06.07.2018г.	 Гореликов А.В.
Отдел комплектования	05.07.2018г.	 Дмитриева И.И.

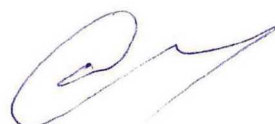
Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры прикладной математики «06» июля 2018 года, протокол № 13/1

Заведующий кафедрой к.ф.-м.н., доцент Гореликов А.В.



Программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методического совета Политехнического института «11» июля 2018 года, протокол № 5/18

Председатель УМС института



к. ф.-м. н., доцент Сысоев С.М.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

Целью освоения модуля «Дисциплины, направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена» является: развитие у обучающихся личностных качеств и формирование универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 Информатика и вычислительная техника.

Модуль состоит из обязательных дисциплин: «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», «Разработка приложений в ОС Linux» и дисциплин по выбору: «Стохастические методы в естественных науках», «Параллельные вычисления».

В соответствии с общими целями ОПОП ВО целью преподавания дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» является ознакомление аспирантов с основными принципами построения математических моделей различных сложных процессов в природе, технике, экономике; дать представление о современных методах математического моделирования; сформировать навык самостоятельного исследования математических моделей.

Целью преподавания дисциплины «Разработка приложений в ОС Linux» изучение концепций, методик и средств разработки программного обеспечения в операционных системах семейства Linux. Содержание курса направлено на формирование навыков создания законченных программных комплексов, использующих ресурсы современных библиотек для научных вычислений и научной графики.

Целью преподавания дисциплины «Стохастические методы в естественных науках» ознакомление аспирантов с современными методами Монте-Карло для вычисления средних значений величин в условиях многомерности задач и сложной геометрии. Содержание курса направлено на выявление и анализ основных математических структур, связанных с вопросами обоснования методов Монте-Карло, приводящих к вычислению интегральных средних величин. Развитие у обучающихся личностных качеств и формирование универсальных, общепрофессиональных и профессиональных компетенций в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника». Дисциплина «Стохастические методы в естественных науках» представляет собой основу для всего обучения аспиранта. В нем вводятся основные методы математического описания механических и физических явлений. Математической основой курса являются разделы курса математики, включая, в частности, математический анализ, функциональный анализ, численные методы, теория вероятностей, математическая статистика, обыкновенные дифференциальные уравнения, интегральные уравнения и вариационное исчисление, уравнения математической физики.

Целью преподавания дисциплины «Параллельные вычисления» является углубленное изучение технологий параллельного программирования и их применение для создания высокоэффективных параллельных алгоритмов для многопроцессорных вычислительных систем с распределенной или общей оперативной памятью.

## 2. МЕСТО МОДУЛЯ (ДИСЦИПЛИН, СОСТАВЛЯЮЩИХ МОДУЛЬ) В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

Дисциплина «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» относится к Блоку 1 вариативной части, Б1.В.03.01. Преподавание дисциплины осуществляется на 2-ом курсе обучения, в 3-ем семестре.

Для изучения дисциплины «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» необходимо знание основных разделов: высшей математики, общего курса физики, уравнений математической физики, численных методов.

Дисциплина «Разработка приложений в ОС Linux» относится к дисциплинам, направленным на подготовку к сдаче кандидатского экзамена Б1.В.03.02. Изучается на втором курсе в третьем семестре.

Для изучения данной дисциплины необходимо знание основных разделов: численные методы, алгоритмические языки программирования, программирование на C++. Необходим навык самостоятельного написания программ на языках C и C++.

Дисциплина «Стохастические методы в естественных науках» относится к Блоку 1 вариативной части Б1.В.ДВ.01.01 и является дисциплиной по выбору аспиранта. Предполагается знание базовых курсов: теория вероятностей, численные методы, функциональный анализ, информатика, языки программирования. Преподавание осуществляется на 2 году обучения в 3 семестре.

Аспирант должен обладать следующими знаниями и компетенциями: способность демонстрировать углубленные знания в области математики и естественных наук, способности порождать новые идеи, способность использовать свои базовые знания и навыки управления информацией для решения исследовательских профессиональных задач, способность владеть фундаментальными разделами механики и физики, необходимыми для решения научно-исследовательских задач.

Дисциплина «Параллельные вычисления» относится к Блоку 1 вариативной части Б1.В.ДВ.01.02 и является дисциплиной по выбору аспиранта.

Аспирант должен обладать следующими знаниями и компетенциями: способностью использовать углубленные теоретические и практические знания в области прикладной математики и информатики; способностью проводить научные исследования и получать новые научные и прикладные результаты; способностью разрабатывать концептуальные и теоретические модели решаемых научных проблем и задач.

### **3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ**

Формируемые компетенции в результате освоения модуля.

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими **общепрофессиональными компетенциями:**

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3).

Выпускник, освоивший программу аспирантуры, должен обладать следующими **профессиональными компетенциями:**

- способность применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования (ПК-2);
- владением современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры (ПК-3);
- способностью проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты (ПК-4);
- способность создавать программные средства для решения актуальных прикладных задач с использованием ресурсов, доступных в сети Интернет по свободным лицензиям и с открытым исходным кодом. (ПК-5).

В результате освоения модуля обучающийся должен:

### ***Знать:***

- основные понятия математического моделирования; принципы построения математических моделей; основные этапы математического моделирования; методологию математического моделирования и вычислительного эксперимента;
- приложения математической физики к задачам математического моделирования;
- основные принципы и этапы разработки программного обеспечения в операционной системе Linux;
- методы использования современных программных библиотек для создания сложных проектов; средства разработки программного обеспечения в ОС Linux;
- методы построения алгоритмов Монте-Карло для отыскания средних характеристик реальных процессов в естественных науках; историю, методологию и приемы, позволяющие моделировать механические и физические явления;
- методы моделирования основных моделей физики и механики; условия применения методов современной математической физики и статистической физики;
- основные технологии и модели параллельного программирования;
- основные направления развития высокопроизводительных компьютеров

### ***Уметь:***

- применять методы математического моделирования при проведении вычислительных экспериментов для решения практических задач;
- применять на практике методы математической физики для создания и исследования математических моделей различных физических процессов и явлений;
- использовать полученные знания в своей научно-исследовательской работе при создании программных комплексов в ОС Linux;
- применять на практике методы Монте-Карло для описания реальных процессов;
- понимать, использовать, формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и педагогической деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний; выбирать и использовать необходимые математические методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования;
- обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных;
- вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий;
- создавать параллельные программы для вычислительных систем с распределенной, общей оперативной памятью;
- анализировать результаты, полученные при проведении вычислительных экспериментов.

### ***Владеть:***

- методологией математического моделирования и вычислительного эксперимента;
- способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования;
- навыками разработки прикладного программного обеспечения, использующего возможности современных программных библиотек для создания сложных проектов;
- методикой разработки принципов вычисления средних характеристик их приложениями в естественных науках;
- навыками работы с современными моделями математической и статистической физики;
- навыками практического использования методов математической физики и усовершенствования их в зависимости от поставленной научной задачи;
- способностью применять на практике известные законы механики и физики;

- технологиями параллельного программирования для вычислительных систем с распределенной или общей оперативной памятью;
- навыками проведения вычислительных экспериментов с использованием высокопроизводительных вычислительных систем.

#### 4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ

4.1. Общая трудоемкость модуля составляет 8 зачетных единиц, 288 часов.

4.2. Содержание компетенций

Разделы (или темы) дисциплины	Коды компетенций	Общее количество компетенций
Дисциплина 1. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ		
1.1 Основные понятия математического моделирования	ОПК-1, ПК-2	2
1.2 Вариационные принципы и иерархия моделей.	ОПК-1, ПК-2	2
1.3. Исследование математических моделей.	ОПК-1, ПК-2	2
Дисциплина 2. Разработка приложений в ОС Linux		
2.1. Работа с библиотеками кода.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	3
2.2. Системы автоматизации сборки	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	3
2.3. Кроссплатформенная библиотека Qt.	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	3
2.4. Создание сложных проектов	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	3
2.5 Сборка пакета RPM, готового к включению в дистрибутив	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	3
Дисциплина 3. Стохастические методы в естественных науках		
3.1. Основные модели естествознания и сопутствующие уравнения механики сплошной среды, приводящие к вычислению интегральных средних величин	ПК-2	1
3.2. Моделирование переноса в кинетических системах	ПК-2	1
3.3. Генераторы случайных величин с заданным законом распределения. Центральная предельная теорема. Вихрь Мерсена. Генераторы равномерно распределенных величин на многообразиях.	ПК-2	1
3.4. Закон больших чисел и его применение для вычисления интегральных средних. Методы Монте Карло.	ПК-2	1
Дисциплина 4. Параллельные вычисления		
4.1. Классификация многопроцессорных вычислительных систем	ПК-3, ПК-4	2
4.2. Основные принципы организации параллельной обработки данных: модели, методы и технологии параллельного программирования.	ПК-3, ПК-4	2

4.3. Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP).	ПК-3, ПК-4	2
4.4. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI.	ПК-3, ПК-4	2

#### 4.3 Содержание разделов

№ п/п	Разделы (темы) модуля (дисциплин)	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)				Формы текущего контроля успеваемости Форма промежуточной аттестации
			лекционные занятия	практически	лабораторн ые	самостоятел ьная	
1	Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ						
1.1	Основные понятия математического моделирования.	3	10	10	-	14	Защита индивидуального задания
1.2	Вариационные принципы и иерархия моделей.	3	11	11	-	15	Защита индивидуального задания
1.3	Исследование математических моделей.	3	11	11	-	15	Защита индивидуального задания
	Итого по дисциплине 1		32	32	-	44	Кандидатский экзамен по специальности. (Контроль 36 ч.)
2	Разработка приложений в ОС Linux						
2.1	Работа с библиотеками кода	3	3	3	-	8	Устный опрос. Практическое задание.
2.2	Системы автоматизации сборки	3	3	3	-	8	Устный опрос. Практическое задание.
2.3	Кроссплатформенная библиотека Qt	3	3	3	-	8	Устный опрос. Практическое задание. Индивидуальное творческое задание
2.4	Создание сложных проектов	3	3	3	-	8	Устный опрос. Практическое задание. Индивидуальное творческое задание

2.5	Сборка пакета RPM, готового к включению в дистрибутив		4	4	-	8	Устный опрос. Практическое задание. Индивидуальное творческое задание
	Итого по дисциплине 2		16	16	-	40	-
3	Стохастические методы в естественных науках						
3.1	Основные модели естествознания и сопутствующие уравнения механики сплошной среды, приводящие к вычислению интегральных средних величин	3	4	4	-	10	Индивидуальное задание.
3.2	Моделирование переноса в кинетических системах	3	4	4	-	10	Индивидуальное задание.
3.3	Генераторы случайных величин с заданным законом распределения. Центральная предельная теорема. Вихрь Мерсена. Генераторы равномерно распределенных величин на многообразиях.	3	4	4	-	10	Индивидуальное задание.
3.4	Закон больших чисел и его применение для вычисления интегральных средних. Методы Монте Карло.	3	4	4	-	10	Индивидуальное задание.
	Итого по дисциплине 3		16	16	-	40	-
4	Параллельные вычисления						
4.1	Классификация многопроцессорных вычислительных систем.	3	4	4	-	10	Выдача тем рефератов. Коллоквиум
4.2	Основные принципы организации параллельной обработки данных: модели, методы и технологии параллельного программирования	3	4	4	-	10	Выдача индивидуальных практических заданий.
4.3	Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP).	3	4	4	-	10	Представление результатов выполнения практического задания.
4.4	Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI	3	4	4	-	10	Представление результатов выполнения практического задания.
	Итого по дисциплине 4		16	16	-	40	-
	Итого по дисциплинам:		64	64	-	124	Контроль (36)
	Всего по модулю:						Кандидатский экзамен



## 5. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

*(Приложение к рабочей программе по модулю: Фонды оценочных средств)*

## 6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДУЛЯ

*a) список основной литературы\* (по всем дисциплинам, входящим в модуль)*

*Дисциплина 1. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ*

1. Математическое моделирование [Текст] : Идеи. Методы. Примеры : [монография] / А. А. Самарский, А. П. Михайлов. — Изд. 2-е, испр. — М. : Физматлит, 2005.
2. Методы вычислительной математики [Текст] : учебное пособие / Г. И. Марчук. — Изд. 4-е, стер. — СПб. : Лань, 2009.
3. ЭБС «Znanium»: Калиткин, Н. Н. Численные методы: учеб. пособие / Н. Н. Калиткин. — 2-е изд., исправленное. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 586 с. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350803>.

*Дисциплина 2. Разработка приложений в ОС Linux*

1. Шлее М. Qt 4.5. Профессиональное программирование на C++. — СПб.: БХВ-Петербург, 2010. — 882 с. — Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=350671>
2. Стахнов А. А. Linux: 4-е изд., перераб. и доп. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 738 с. — Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=355362>
3. Хэвиленд К. Системное программирование в UNIX. — М.: ДМК Пресс, 2007. - 368 с. — Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=407376>

*Дисциплина 3. Стохастические методы в естественных науках*

1. Галкин В.А. Анализ математических моделей: системы законов сохранения, уравнения Больцмана и Смолуховского. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. – 408 с.
2. Матальцкий, М.А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.А. Матальцкий, Г.А. Хацкевич. – Минск: Выш. шк., 2012. – 720 с.: ил. - Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com: - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=508401>.
3. Юдович, В.И. Математические модели естественных наук [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2011. — 336 с. — Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=689](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=689)

*Дисциплина 4. Параллельные вычисления*

1. Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP.— М. : Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. — 118 с.
2. Боресков А. В. Основы работы с технологией CUDA - М.: ДМК Пресс, 2010. - 232 с.: - Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com: - Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php?bookinfo=408395>.
3. Богачёв К. Ю. Основы параллельного программирования. [Электронный ресурс] - 2-е изд. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2013. - 342 с - Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com: - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=476284>.

*b) список дополнительной литературы\* (по всем дисциплинам, входящим в модуль)*

*Дисциплина 1. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ*

1. Численные методы решения задач конвекции-диффузии / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич. — 2-е изд., испр. — М. : Едиториал УРСС, 2003.
2. Разностные методы решения задач газовой динамики [Текст] : учебное пособие для студентов вузов, обучающихся по специальности "Прикладная математика" / А. А. Самарский, Ю. П. Попов. — Изд. 5-е. — М. : URSS, 2009.
3. Магнитные поля в астрофизике [Текст] / Я. Б. Зельдович, А. А. Рузмайкин, Д. Д. Соколов ; пер. с англ. Е. В. Ивановой ; под ред. Д. Д. Соколова. — М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований : R&C Dynamics., 2006 .
4. Магнитная гидродинамика [Текст] : современное видение проблем : [монография] / И. М. Кирко, Г. Е. Кирко. — М. ; Ижевск : R&C Dynamics : Институт компьютерных исследований, 2009.
5. Вычислительная теплопередача / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич. — Изд. 2-е. — М. : URSS, 2009.

### ***Дисциплина 2. Разработка приложений в ОС Linux***

1. Колисниченко Д. Н. Руководство по командам и shell-программированию в Linux. — СПб.: БХВ-Петербург, 2011. — 283 с. — Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=355000>
2. Секунов Н.Ю. Программирование на C++ в Linux.— СПб. : БХВ-Петербург, 2004.— 363 с.
3. Робачевский А.М. Операционная система Unix. - СПб.: БХВ-Петербург, 2005. - 641 с. — Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=356894>
4. Курячий К. В. Операционная система Linux: Курс лекций. —2-е изд., испр. —М.: ALT Linux; ДМК Пресс, 2010. —348 с. — 738 с - Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com. — Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=408518>

### ***Дисциплина 3. Стохастические методы в естественных науках***

1. Галкин В.А. Уравнение Смолуховского. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 326 с.
2. Ермаков С. М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы. – М.: Наука, 1971. – 328 с.
3. Ермаков С.М., Михайлов Г.А. Курс статистического моделирования. – М.: Наука, 1976. – 320 с.
4. Полянин А.Д. Справочник. Нелинейные уравнения математической физики (точные решения) — М. : Физматлит, 2002.— 475 с. - Доступ с сайта электронно-библиотечной системы «Лань». – Режим доступа: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=2382](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=2382).
5. Кляцкин В. И. Стохастические уравнения: теория и ее приложения к акустике, гидродинамике и радиофизике : Т.1, 2. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 320 с.
6. Михайлов Г.А. Численное статистическое моделирование. Методы Монте-Карло. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 368 с.
7. Левитов Л.С., Шитов А.В. Функции Грина. Задачи с решениями. – М.: Физматлит, 2003. – 386 с.

### ***Дисциплина 4. Параллельные вычисления***

1. Ряховский А.В. Технологии параллельного программирования : Стандарт OpenMP.— Сургут : Издательский центр СурГУ, 2015. — 29 с.
  2. Немнюгие С.А., Стесик О.Л. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем [Электронный ресурс] / СПб.: БХВ-Петербург, 2002 - Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com: - Режим доступа: <http://znanium.com/catalog.php?bookinfo=356524>.
  3. Основы алгоритмизации и программирования: Учебное пособие [Электронный ресурс] / В.Д. Колдаев; Под ред. Л.Г. Гагариной. - М.: ИД ФОРУМ: ИНФРА-М, 2015. - 416 с. - Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znanium.com: - Режим доступа: <http://www.znanium.com/catalog.php?bookinfo=484837>.
- с) методические указания к практическим занятиям (по всем дисциплинам, входящим в модуль)

### *Дисциплина 1. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ*

1. Артемов М.А., Коржов Е.Н. Математическое моделирование и компьютерный эксперимент: Методическое пособие. - Воронеж: Изд-во ВГУ, 2001. - 39 с. . — Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/006/27006>
2. Моделирование гидродинамических течений: Учебно-методическое пособие. - М.: МФТИ, 2006. - 72 с. — Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/497/70497>

### *Дисциплина 2. Разработка приложений в ОС Linux*

- 1) Шашков Б.Д. Работа с интерфейсом прикладного программирования операционной системы Linux. Методическое пособие. - Пенза: Изд-во ПГУ, 2005. - 25 с. <http://window.edu.ru/resource/519/24519>
- 2) Загрузка процессов в Linux: Методические указания к лабораторной работе / Сост. А.М. Сухов. - Самара: Изд-во Самарского государственного аэрокосмического университета, 2010. 21с. <http://stream.ip4tv.ru/labs/linux/zagr.pdf>

### *Дисциплина 3. Стохастические методы в естественных науках*

- Стохастические модели и оценки. Лабораторный практикум по курсу "Теория оптимального управления" / Сост.: И.В. Семушин, Ю.В. Цыганова. - Ульяновск: УлГТУ, 2001. - 42 с. <http://window.edu.ru/resource/086/26086/files/745.pdf>

### *Дисциплина 4. Параллельные вычисления*

1. Антонов А.С. Введение в параллельные вычисления. Методическое пособие. - М.: Изд-во МГУ, 2002. - 70 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/980/23980>
2. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI. Учебное пособие. - М.: Изд-во МГУ, 2004. - 71 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/979/23979>
3. Вычислительный практикум по технологии MPI, Антонов А.С. Лаборатория параллельных информационных технологий НИВЦ МГУ им. М.В. Ломоносова. [http://parallel.ru/tech/tech\\_dev/MPIcourse/](http://parallel.ru/tech/tech_dev/MPIcourse/)
4. Высокопроизводительные вычисления на кластерах: Учебное пособие / Под ред. А.В. Старченко. - Томск: Изд-во Том. ун-та, 2008. - 198 с. - Режим доступа: <http://window.edu.ru/resource/897/71897>

#### *d) перечень лицензионного программного обеспечения (по всем дисциплинам, входящим в модуль)*

1. GNU Compiler Collection 4.8 - набор компиляторов для языков программирования: C, C++, Fortran;
2. ParaView 4.3 - программный пакет для научной визуализации;
3. Операционная система Linux Mint 16;
4. Операционная система Windows 7 Pro;
5. Офисный пакет LibreOffice 4.1.
6. ЛОГОС 4.1 - пакет программ для моделирования процессов аэро-, гидро- и газодинамики, турбулентного перемешивания, распространения тепла в твёрдом теле, тепловой конвекции, переноса излучения, течения в пористой среде.
7. НИМФА 2.1- пакет программ для моделирования нестационарной насыщенно – ненасыщенной фильтрации жидкости и газа, нестационарной двухфазной фильтрации без учёта капиллярных эффектов, многокомпонентного массопереноса примесей с учётом молекулярной диффузии и дисперсии, сорбции (по различным изотермам), распада вещества.
8. Операционная система Linux
9. Средства разработки программ на языках C, C++, Python
10. Средства разработки и библиотека Qt.

11. Средства разработки: Autotools, CMake, rpm-build
12. Библиотеки GSL и MathGL

е) Интернет-ресурсы (по всем дисциплинам, входящим в модуль)

1. База данных ВИНТИ, <http://www2.viniti.ru>
2. Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам», <http://window.edu.ru>
3. Научная электронная библиотека, <http://elibrary.ru>
4. Электронно-библиотечная система «ibooks.ru», <http://ibooks.ru>
5. ООО Издательство «Лань», ЭБС «Лань», <http://e.lanbook.com/>
6. <http://arxiv.org/> ( крупнейший бесплатный архив электронных публикаций научных статей и их препринтов по физике, математике, астрономии, информатике и биологии).
7. Государственная публичная научно-техническая библиотека России (ГПНТБ России). В разделе представлены электронные ресурсы, находящиеся в свободном доступе в Интернете. Эти ресурсы доступны с любых компьютеров, подключенных к Интернету <http://www.gpntb.ru/>
8. <http://vak.ed.gov.ru/> (сайт ВАК)

## 7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДУЛЯ

Кафедра прикладной математики располагает материально-технической базой, соответствующей действующим санитарно-техническим нормам и обеспечивающей проведение всех видов теоретической и практической подготовки, предусмотренных учебным планом аспиранта, а также эффективное выполнение ВКР.

В подготовке аспирантов по модулю «Дисциплины, направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена» по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника должна быть задействована корпоративная сеть университета, включающая все ЭВМ, участвующие в учебном процессе, а также ЭВМ на кафедрах и в лабораториях.

Имеется научная библиотека в главном корпусе СурГУ на более чем 500 тыс. томов.

Для проведения лекционных занятий необходима учебная аудитория У704, оснащенная: стационарная доска, интерактивная доска, мультимедиа проектор, персональный компьютер (ноутбук), оснащенный процессором с производительностью не ниже Intel Core2Duo, с выходом в локальную сеть университета и глобальную сеть Internet.

Для проведения практических занятий необходима учебная аудитория У701, оснащенная: интерактивной доской, переносным видеокomплексом, системой тестирования, 12 персональными компьютерами, которые в свою очередь оснащены процессорами с производительностью не ниже Intel Core2Duo, с выходом в локальную сеть университета и глобальную сеть Internet, с установленным специализированным программным обеспечением для обработки результатов экспериментов и научных исследований, средства дистанционного и электронного обучения на базе локальных сетей.

Для проведения научных исследований, а также занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций необходима аудитория, научная лаборатория У905 (Центр междисциплинарных исследований), оснащенная: 10 персональными компьютерами, локальной сетью с выходом в интернет, интерактивной доской, переносным видеокomплексом, системой тестирования, специализированным программным обеспечением. Доступ в сеть Internet, предоставляющий свободное ознакомление с научными публикациями, диссертациями и отчетами по научно-исследовательской деятельности. Нормативно-техническая литература (ГОСТы, ЕСПД и т.д.).

## 8. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ АСПИРАНТАМИ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с ч.4 «Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре) (утв. приказом Министерства образования и науки РФ от 19 ноября 2013 г. № 1259) для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья предлагается адаптированная программа аспирантуры, которая осуществляется с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся. Для обучающихся-инвалидов программа адаптируется в соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Специальные условия для получения высшего образования по программе аспирантуры обучающимися с ограниченными возможностями здоровья включают:

- использование специальных образовательных программ и методов обучения и воспитания, включая наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети «Интернет» для слабовидящих;
- использование специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, включая альтернативные форматы печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);
- использование специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, включая установку мониторов с возможностью трансляции субтитров, обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;
- предоставление услуг ассистента, оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь или услуги сурдопереводчиков/тифлосурдопереводчиков;
- проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий;
- обеспечение беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения организации, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, локальное понижение стоек-барьеров; наличие специальных кресел и других приспособлений).

**БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
ХАНТЫ-МАНСИЙСКОГО АВТОНОМНОГО ОКРУГА – ЮГРЫ  
«Сургутский государственный университет»**

**ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА**

**Приложение к рабочей программе по модулю дисциплин**

**«Дисциплина/дисциплины (модули), в том числе направленные на подготовку  
к сдаче кандидатских экзаменов»**

Направление подготовки

**09.06.01 Информатика и вычислительная техника**

Направленность программы

**Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

Отрасль науки

**Физико-математические науки**

Квалификация

**Исследователь. Преподаватель-исследователь**

Форма обучения

**очная**

Сургут, 2018 г.

Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

### Компетенция <ОПК-1>

владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности		
Знает	Умеет	Владеет
- основные понятия математического моделирования; принципы построения математических моделей; основные этапы математического моделирования; методологию математического моделирования и вычислительного эксперимента;	применять методы математического моделирования для решения практических задач.	методологией математического моделирования и вычислительного эксперимента.

### Компетенция <ОПК-2 >

владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий		
Знает	Умеет	Владеет
Основы работы с научной литературой, электронно-библиотечными системами, системами научного цитирования; основы поиска литературы, исходных текстов программ в сети Интернет	Пользоваться научной литературой, электронно-библиотечными системами и системами научного цитирования, а также поисковыми сервисами Интернет для обоснованного выбора методов, алгоритмов и программных средств решения прикладных задач	Навыками анализа предметной области и поиска актуальных и достоверных литературных и программных ресурсов для решения прикладных задач

### Компетенция <ОПК-3>

способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности		
Знает	Умеет	Владеет
Основы проведения научного исследования с помощью вычислительного эксперимента	Создавать и применять программные средства для решения прикладных задач математической физики численными методами; проводить вычислительный эксперимент и оценивать его достоверность	Методикой разработки и применения программных средств вычислительного эксперимента

### Компетенция <ПК-2>

способность применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования
---

Знает	Умеет	Владеет
<p>- приложения математической физики к задачам математического моделирования;</p> <p>- методы построения алгоритмов Монте-Карло для отыскания средних характеристик реальных процессов в естественных науках; историю, методологию и приемы, позволяющие моделировать механические и физические явления; методы моделирования основных моделей физики и механики; условия применения методов современной математической физики и статистической физики.</p>	<p>- применять на практике методы математической физики для создания и исследования математических моделей различных физических процессов и явлений;</p> <p>- применять на практике методы Монте-Карло для описания реальных процессов; понимать, использовать, формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и педагогической деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний; выбирать и использовать необходимые математические методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования; обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных; вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий.</p>	<p>- способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования;</p> <p>- методикой разработки принципов вычисления средних характеристик их приложениями в естественных науках; навыками работы с современными моделями математической и статистической физики; навыками практического использования методов математической физики и усовершенствования их в зависимости от поставленной научной задачи; способностью применять на практике известные законы механики и физики.</p>

### Компетенция <ПК-3>

владение современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры

Знает	Умеет	Владеет
<p>основные технологии и модели параллельного программирования</p>	<p>создавать параллельные программы для вычислительных систем с распределенной, общей оперативной памятью</p>	<p>технологиями параллельного программирования для вычислительных систем с распределенной или общей оперативной памятью</p>

### Компетенция <ПК-4>



способность проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты		
Знает	Умеет	Владеет
основные направления развития высокопроизводительных компьютеров	анализировать результаты, полученные при проведении вычислительных экспериментов	навыками проведения вычислительных экспериментов с использованием высокопроизводительных вычислительных систем

### Компетенция <ПК-5>

способность создавать программные средства для решения актуальных прикладных задач с использованием ресурсов, доступных в сети Интернет по свободным лицензиям и с открытым исходным кодом		
Знает	Умеет	Владеет
Актуальные методы, модели и алгоритмы решения задач математической физики, а также доступные в сети Интернет средства разработки программ на основе открытого исходного кода для численного решения задач математической физики	Применять для создания прикладных программ средства разработки Qt, научной визуализации mathgl, системы автоматизации сборки Autotools и CMake, систему документации Doxygen; создавать на их основе программный пакет grm для включения в дистрибутив	Навыками разработки прикладного программного обеспечения, использующего возможности современных программных библиотек для создания сложных проектов

### Этап: Проведение промежуточной аттестации

Формой текущего контроля освоения модуля «Дисциплины, направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена» является кандидатский экзамен по направлению 09.06.01 «Информатика и вычислительная техника». Результаты текущего контроля знаний оцениваются по четырехбалльной шкале с оценками: «отлично»; «хорошо»; «удовлетворительно»; «неудовлетворительно».

Дескриптор компетенции	Показатель оценивания	Оценка	Критерий оценивания
Знает	Законодательные и приложения математической физики к задачам математического моделирования; основные технологии и модели параллельного программирования; этические нормы профессионального сообщества; основы планирования	Отлично	Глубоко и прочно усвоил весь программный материал по всем дисциплинам, входящим в модуль (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю).
		Хорошо	Твердо знает программный материал по всем дисциплинам, входящим в модуль (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю).
		Удовлетворительно	Знает программный материал по всем дисциплинам, входящим в модуль (дидактические единицы,

	<p>и решения задач в области педагогики и психологии высшей школы с целью собственного профессионального и личностного развития; специфику работы исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности; особенности представления обучающего материала в устной и письменной форме при подготовке к лекционным и практическим занятиям. Основные этапы разработки прикладных программных средств; основы написания и отладки компьютерных программ. Основы работы с научной литературой, электронно-библиотечными системами, системами научного цитирования; основы поиска литературы, исходных текстов программ в сети Интернет. Основы проведения научного исследования с помощью вычислительного эксперимента. Актуальные методы, модели и алгоритмы решения задач математической физики, а также доступные в сети Интернет средства разработки программ</p>	<p>Неудовлетворительно</p>	<p>предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю), но обнаруживает общее понимание существа вопросов, демонстрирует неполные и слабо аргументированные ответы.</p> <p>Не знает большинство разделов программного материала (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю).</p>
--	--	----------------------------	--

	<p>на основе открытого исходного кода для численного решения задач математической физики</p> <p>Методы построения алгоритмов Монте-Карло для отыскания средних характеристик реальных процессов в естественных науках; историю, методологию и приемы, позволяющие моделировать механические и физические явления; методы моделирования основных моделей физики и механики; условия применения методов современной математической физики и статистической физики.</p> <p>Основные технологии и модели параллельного программирования.</p> <p>Основные направления развития высокопроизводительных компьютеров;</p>		
Умеет	<p>Применять на практике методы математической физики для создания и исследования математических моделей различных физических процессов и явлений;</p> <p>выбирать и использовать современные методы и технологии параллельного программирования для высокопроизводительных компьютеров;</p>	Отлично	<p>Умеет исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно излагать весь программный материал (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю), не затрудняется с ответом на основные и дополнительные вопросы, умеет самостоятельно обобщать и излагать материал, не допуская ошибок.</p>
		Хорошо	<p>Грамотно и по существу излагает программный материал (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю). Не допускает существенных упущений и неточностей в ответах на вопросы. Не на все дополнительные вопросы имеет верные ответы.</p>

	<p>ных вычислительных систем для решения задач математического моделирования; следовать основным этическим нормам в профессиональной деятельности; планировать и решать задачи в области педагогики и психологии высшей школы с целью собственного профессионального и личностного развития; организовать работу исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности; ясно и четко излагать учебный материал в письменной и устной формах.</p> <p>Планировать разработку прикладных программ.</p> <p>Пользоваться научной литературой, электронно-библиотечными системами и системами научного цитирования, а также поисковыми сервисами Интернет для обоснованного выбора методов, алгоритмов и программных средств решения прикладных задач. Применять для решения прикладных задач математической физики численными методами средства разработки Qt, научной визуализации mathgl, системы автоматизации сборки</p>	Удовлетворительно	<p>Допускает неточности, недостаточно правильные формулировки при изложении программного материала (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю). Затрудняется при ответе на дополнительные вопросы либо их раскрывает не полностью.</p>
		Неудовлетворительно	<p>Допускает существенные ошибки при изложении программного материала (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю), на дополнительные вопросы не отвечает.</p>

	<p>Autotools и CMake, систему документации Doxygen; создавать на их основе программный пакет rpm для включения в дистрибутив.</p> <p>Применять на практике методы Монте-Карло для описания реальных процессов; понимать, использовать, формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и педагогической деятельности и требующие углубленных профессиональных знаний; выбирать и использовать необходимые математические методы исследования, модифицировать существующие и разрабатывать новые методы, исходя из задач конкретного исследования; обрабатывать полученные результаты, анализировать и осмысливать их с учетом имеющихся литературных данных; вести библиографическую работу с привлечением современных информационных технологий.</p> <p>Создавать параллельные программы для вычислительных</p>		
--	---	--	--

	<p>систем с распределенной, общей оперативной памятью. Анализировать результаты, полученные при проведении вычислительных экспериментов.</p>		
Владеет	<p>Способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования; современными технологиями параллельного программирования для вычислительных систем с распределенной или общей оперативной памятью; основными этическими нормами, принятыми в научном сообществе; навыками планирования и решения задач в области педагогики и психологии высшей школы с целью собственного профессионального и личностного развития; навыками организации работы исследовательского коллектива в области профессиональной деятельности; навыкам преподавательской деятельности по основным образовательным программам высшего образования. Навыками сбора,</p>	Отлично	Свободно справляется с задачами и практическими заданиями программного материала (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю).
		Хорошо	Владеет необходимыми умениями и навыками при выполнении практических заданий программного материала (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю).
		Удовлетворительно	Испытывает затруднения в выполнении практических заданий программного материала, необходимого для научной и профессиональной деятельности (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю).
		Неудовлетворительно	С большими затруднениями выполняет практические задания программного материала (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю).

	<p>обработки, анализа и систематизации информации по применению в профессиональной деятельности новых концепций программирования, моделей, алгоритмов и программные средств. Методикой разработки и применения программных средств вычислительного эксперимента. Навыками разработки прикладного программного обеспечения, использующего возможности современных программных библиотек для создания сложных проектов</p> <p>Методикой разработки принципов вычисления средних характеристик; их приложениями в естественных науках; навыками работы с современными моделями математической и статистической физики; навыками практического использования методов математической физики и усовершенствования их в зависимости от поставленной научной задачи; способностью применять на практике известные законы механики и физики.</p> <p>Технологиями</p>		
--	---	--	--

	<p>параллельного программирования для вычислительных систем с распределенной или общей оперативной памятью. Навыками проведения вычислительных экспериментов с использованием высокопроизводительных вычислительных систем.</p>		
--	---	--	--



## **Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**Этап: проведение текущего контроля успеваемости по дисциплинам, включенным в модуль**

Текущий контроль успеваемости предназначен для проверки качества усвоения учебного материала, активизации самостоятельной работы обучаемых и совершенствования методики проведения занятий. Проверка осуществляется в ходе проведения всех видов занятий в форме избранной преподавателем. Текущий контроль включает:

- теоретические вопросы к устному опросу;
- выполнение индивидуальных практических заданий;
- подготовку реферата и выступление с докладом по выбранной теме;
- коллоквиум.

Проверка знаний и навыков аспирантов проводится с целью повторения пройденного и закрепления изучаемого материала. Она активизирует деятельность аспирантов на занятиях, побуждает к систематической самостоятельной работе, воспитывает чувство ответственности за овладение знаниями и навыками.

Результаты текущего контроля знаний по дисциплинам, включенным в модуль оцениваются по двухбалльной шкале с оценками: «аттестован»; «не аттестован».

Оценки «аттестован» заслуживает аспирант, получивший оценку «аттестован» за ответы на теоретические вопросы устного опроса, оценку «аттестован» за коллоквиум, оценку «удовлетворительно» и выше за реферат, оценку «аттестован» за индивидуальную практическую работу.

Оценки «не аттестован» заслуживает аспирант, не получивший оценку «аттестован» за ответы на теоретические вопросы устного опроса, за коллоквиум, и/или оценку «удовлетворительно» и выше за реферат, и/или «аттестован» за индивидуальную практическую работу.

### **Теоретические вопросы для устного опроса по всем дисциплинам и темам модуля**

#### ***Дисциплина 1. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ***

##### **Тема 1.1. Основные понятия математического моделирования.**

Основные этапы построения модели. Схема процесса математического моделирования объекта. Основные особенности вычислительного эксперимента. Иерархические цепочки моделей газа: Кинетические уравнения типа уравнения Больцмана. Уравнения Эйлера для сжимаемого газа. Уравнение Лапласа для потенциала. Модели, основанные на применении законов классической механики к каждой частице среды. Уравнения Эйлера для несжимаемой жидкости. Модель Навье-Стокса для сжимаемого газа. Система гидродинамических уравнений для сжимаемого вязкого теплопроводного газа. Модель Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости.

##### **Тема 1.2. Вариационные принципы и иерархия моделей.**

Понятия: объект, модель, математическая модель. Классификация физических процессов относительно времени. Иерархические цепочки моделей газа. Уравнение Хопфа. Уравнения акустики. Уравнение типа нелинейной теплопроводности. Уравнение переноса. Уравнения для сжимаемого теплопроводного газа. Одномерные уравнения газовой динамики. Уравнение Лапласа для температуры. Уравнение Эйлера для сжимаемого газа. Уравнение изэнтропического течения идеального газа.

##### **Тема 1.3. Исследование математических моделей.**

Основные этапы решения некоторой краевой задачи сеточными методами. Основные понятия теории разностных схем: шаблон, явная и неявная схема, консервативная и неконсервативная схема. Основные вариационные методы, применяемые для решения задач математической

физики. Уравнение гидродинамики и акустики для идеальной жидкости. Принципы построения простейших математических моделей. Корректно и некорректно поставленные задачи. Качества хорошей вычислительной программы. Правила структурного программирования.

## **Дисциплина 2. Разработка приложений в ОС Linux**

### **Тема 2.1. Работа с библиотеками кода**

Философия UNIX. Основные свойства, характерные для программ с открытым исходным кодом. Принципы программирования для UNIX-подобных систем. Статические и динамические библиотеки, их преимущества и недостатки. Создание и подключение статических библиотек в Linux. Создание и подключение динамических библиотек в Linux. Назначение и принципы использования утилиты make.

### **Тема 2.2. Системы автоматизации сборки**

Назначение систем автосборки программных проектов. Набор утилит Autotools. Сборка проектов Autotools. Принципы создания проектов на основе Autotools. Система CMake. Сборка проектов CMake. Принципы создания проектов на основе CMake. Система scons. Сборка проектов scons. Принципы создания проектов на основе scons.

### **Тема 2.3. Кроссплатформенная библиотека Qt**

Назначение проекта Qt. Библиотека и средства разработки Qt. Основные модули Qt. Объектная модель Qt. Механизм сигналов и слотов Qt. Консольная утилита qmake. Файл проекта Qt. Основы использования интегрированной среды разработки Qt.

### **Тема 2.4. Создание сложных проектов**

Сборка проектов, части которых написаны на разных языках программирования, на примерах языков C, Fortran, Pascal. Сложные проекты при численном решении задач математической физики. Библиотека для научных расчётов GSL (GNU Scientific Library). Библиотека для научной визуализации MathGL. Система автоматического документирования Doxygen. Назначение систем контроля версий. Система Git.

### **Тема 2.5. Сборка пакета RPM, готового к включению в дистрибутив**

Понятие программного пакета дистрибутива Linux. Менеджеры пакетов rpm, deb. Поиск, установка и удаление пакетов rpm. Зависимости пакетов. Создание пакета rpm. Структура spec-файла. Создание пакетов для проектов на основе Autotools; Создание пакетов для проектов на основе CMake. Создание пакетов для проектов на основе Qt.

## **Дисциплина 3. Стохастические методы в естественных науках**

### **Тема 3.1. Основные модели естествознания и сопутствующие уравнения механики сплошной среды, приводящие к вычислению интегральных средних величин**

Моделирование случайных величин. Моделирование дискретных случайных величин. Моделирование непрерывных случайных величин. Моделирование некоторых специальных распределений. Моделирование нормального распределения. Многомерный изотропный вектор. Моделирование случайных векторов. Моделирование распределения, равномерного в интервале (0,1).

### **Тема 3.2. Моделирование переноса в кинетических системах**

Функция Грина в задачах естествознания. Законы сохранения. Обобщённое уравнение Больцмана. Уравнение Больцмана кинетической теории газов и уравнение Смолуховского теории коагуляции. Уравнения Власова. Уравнения Кортвега – де Фриза, Кадомцева-Петвиашвили, Хопфа. Уравнения механики сплошной среды, порождённые уравнениями физической кинетики. Некоторые специальные решения уравнений газодинамики, уравнений Больцмана и Смолуховского

### **Тема 3.3. Генераторы случайных величин с заданным законом распределения. Центральная предельная теорема. Вихрь Мерсена. Генераторы равномерно распределённых величин на многообразиях.**

Центральная предельная теорема. Вихрь Мерсена. Генераторы равномерно распределенных величин на многообразиях. Закон больших чисел и его применение для вычисления интегральных средних.

#### **Тема 3.4. Закон больших чисел и его применение для вычисления интегральных средних. Методы Монте Карло.**

Моделирование случайных процессов и общая схема метода Монте Карло. Обобщенные плотности. Случайные процессы и их моделирование. Общая схема метода Монте Карло.

### **Дисциплина 4. Параллельные вычисления**

#### **Тема 4.1. Классификация многопроцессорных вычислительных систем.**

В чем особенности архитектура UMA и cc-NUMA? Опишите классификацию Флинна. Приведите примеры вычислительных систем класса SISD, SIMD, MISD, MIMD. Какие существуют типы вычислительных систем в зависимости от организации памяти? Перечислите основные виды топологий параллельных вычислительных систем. В чем состоит особенность использования кэш-памяти с точки зрения написания параллельных программ?

#### **Тема 4.2. Основные принципы организации параллельной обработки данных: модели, методы и технологии параллельного программирования**

Приведите примеры технологий разработки параллельных программ. Опишите основные характеристики стандарта OpenMP. Опишите основные характеристики стандарта MPI. В чем различие распараллеливания по данным и распараллеливания по задачам? Какие языки программирования поддерживают модель PGAS? Закон Амдала.

#### **Тема 4.3. Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP).**

Как оформляются директивы OpenMP в коде на языке C и на языке Fortran? В чем заключаются сходства и в чем отличия? Опишите модель памяти OpenMP. В каких случаях переменные следует делать частными, а в каких общими? Перечислите основные способы разделения итераций между потоками при распараллеливании цикла при помощи директив for и do. Какие начальные значения принимает переменная редукции в зависимости от используемого оператора редукции? Какие в OpenMP правила по умолчанию при определении частных и разделяемых переменных? Какие существуют способы задания числа потоков в OpenMP? Каков их приоритет относительно друг друга?

#### **Тема 4.4. Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI**

При помощи каких функций можно получить номер процесса и общее число процессов? Какие функции необходимо использовать при запуске и завершении MPI-программы? Приведите примеры MPI-функции для пересылки сообщений. В отличие между синхронными и асинхронными функциями передачи сообщений MPI? Приведите примеры MPI-функции для коллективной коммуникации.

### **Темы индивидуальных практических заданий по всем дисциплинам модуля**

#### **Дисциплина 1. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ**

1. Показать, что потенциал скоростей стационарного потока несжимаемой жидкости удовлетворяет уравнению Лапласа. Написать краевое условие на поверхности твердого тела, покоящегося или движущегося с заданной скоростью. Решить полученную задачу во втором случае методом разделения переменных в круге.

2. Поставить краевую задачу о нагревании тонкого стержня, по которому скользит с постоянной скоростью плотно прилегающая электрод печь постоянной мощности, если внешняя поверхность печи, не прилегающая к стержню, теплоизолирована, а теплоемкость печи пренебрежимо мала. Решить полученную задачу методом функции источника при нулевом начальном условии.

3. Покажите, что для разностной задачи с равномерной сеткой  $h$

$$\begin{aligned} -(\alpha y_x)_x &= 1, & h \leq x \leq l-h, \\ y(0) &= 0, & y(l) = 0 \end{aligned}$$

при  $\alpha(x) \geq k > 0$  имеет место оценка  $0 \leq y(x) \leq k^{-1}l^2$ .

4. Преобразуйте уравнение теплопроводности для движущейся однородной среды к самосопряженному уравнению, когда движение потенциальное.

5. Неограниченная струна совершает плоские поперечные колебания. Линейная плотность струны  $\rho = 1$ , скорость распространения колебаний  $a = 1$ . В начальный момент времени  $t = 0$  струна имеет форму  $\varphi(x) = x^2$ . Начальное распределение скорости  $\psi(x) = 4x$ . К струне, начиная с начального момента времени приложена непрерывно распределенная поперечная сила с линейной плотностью равной  $f(x, t) = 6$ . Составить математическую модель процесса колебания струны, и найти зависимость отклонения  $u(x, t)$  точек струны от положения равновесия в различные моменты времени.

6. Найти стационарное распределение температуры  $u(r, \varphi)$  внутри бесконечного цилиндра радиуса  $R$ , если на его поверхности поддерживается температура

$$u(r, \varphi)|_{r=R} = A \sin \varphi.$$

7. Неограниченная струна совершает плоские поперечные колебания. Линейная плотность струны  $\rho = 1$ , скорость распространения колебаний  $a = 2$ . В начальный момент времени  $t = 0$  струна имеет форму  $\varphi(x) = x^2$ . Начальное распределение скорости  $\psi(x) = x$ . К струне, начиная с начального момента времени приложена непрерывно распределенная поперечная сила с линейной плотностью равной  $f(x, t) = xt$ . Составить математическую модель процесса колебания струны, и найти зависимость отклонения  $u(x, t)$  точек струны от положения равновесия в различные моменты времени.

8. В неограниченном тонком стержне с теплоизолированной боковой поверхностью распределены тепловые источники с линейной плотностью  $F(x, t)$  ( $f(x, t) = F/\rho c = t + e^t$ ). Коэффициент температуропроводности стержня  $a^2 = 4$ . В начальный момент времени температура стержня  $u|_{t=0} = 2$ . Составить математическую модель процесса переноса тепла в стержне и найти зависимость температуры  $u(x, t)$ .

9. Найти распределение потенциала электростатического поля  $u(r, \varphi)$  внутри единичного круга при условии, что  $u|_{r=1} = \cos^2 \varphi$ .

10. Найти распределение потенциала электростатического поля  $u(r, \varphi)$  внутри единичного круга при условии, что  $u|_{r=1} = \sin^3 \varphi$ .

11. Неограниченная струна совершает плоские поперечные колебания. Линейная плотность струны  $\rho = 1$ , скорость распространения колебаний  $a = 1$ . В начальный момент времени  $t = 0$  струна имеет форму  $\varphi(x) = \sin x$ . Начальное распределение скорости  $\psi(x) = 0$ . К струне, начиная с начального момента времени приложена непрерывно распределенная поперечная сила с линейной плотностью равной  $f(x, t) = \sin x$ . Составить математическую модель процесса колебания струны,

и найти зависимость отклонения  $u(x,t)$  точек струны от положения равновесия в различные моменты времени.

12. В неограниченном тонком стержне с теплоизолированной боковой поверхностью распределены тепловые источники с линейной плотностью  $F(x,t)$  ( $f(x,t) = F/\rho c = 3t^2$ ). Коэффициент температуропроводности стержня  $a^2 = 1$ . В начальный момент времени температура стержня  $u|_{t=0} = \sin x$ . Составить математическую модель процесса переноса тепла в стержне и найти зависимость температуры  $u(x,t)$ .

13. Найти распределение потенциала электростатического поля  $u(r, \varphi)$  внутри единичного круга при условии, что  $u|_{r=1} = \cos^4 \varphi$ .

14. Неограниченная струна совершает плоские поперечные колебания. Линейная плотность струны  $\rho = 1$ , скорость распространения колебаний  $a = 1$ . В начальный момент времени  $t = 0$  струна имеет форму  $\varphi(x) = \sin x$ . Начальное распределение скорости  $\psi(x) = x + \cos x$ . К струне, начиная с начального момента времени приложена непрерывно распределенная поперечная сила с линейной плотностью равной  $f(x,t) = e^x$ . Составить математическую модель процесса колебания струны, и найти зависимость отклонения  $u(x,t)$  точек струны от положения равновесия в различные моменты времени.

15. В неограниченном тонком стержне с теплоизолированной боковой поверхностью распределены тепловые источники с линейной плотностью  $F(x,t)$  ( $f(x,t) = F/\rho c = e^{-t} \cos x$ ). Коэффициент температуропроводности стержня  $a^2 = 1$ . В начальный момент времени температура стержня  $u|_{t=0} = \cos x$ . Составить математическую модель процесса переноса тепла в стержне и найти зависимость температуры  $u(x,t)$ .

### *Дисциплина 2. Разработка приложений в ОС Linux*

Написать программу на языке C, состоящую из двух и более исходных файлов. Один (главный) файл должен содержать точку входа (функцию `main()`), а остальные (подключаемые) файлы должны содержать определённые пользователем функции и переменные, вызываемые из главного файла. Для подготовленных файлов выполнить:

1. Сборку программы компилятором `gcc`
2. Создание статических библиотек из подключаемых файлов
3. Создание динамических библиотек из подключаемых файлов
4. Создание файла проекта `Makefile` для утилиты `make`

Практическое задание (выбрать один из вариантов):

1. На сайте `sourceforge.net` найти проект, подготовленный на основе `Autotools`. Собрать проект и запустить его на выполнение
2. На сайте `sourceforge.net` найти проект, подготовленный на основе `CMake`. Собрать проект и запустить его на выполнение.
3. На сайте `sourceforge.net` найти проект, подготовленный на основе `scons`. Собрать проект и запустить его на выполнение.

На основе проекта из раздела 1 создать программу с графическим интерфейсом `Qt`.

На основе проекта из раздела 1 создать программу (выбрать один из вариантов):

1. Содержащую подключаемый файл на языке `Pascal` или `Fortran`
2. Использующую ресурсы научных расчётов библиотеки `GSL`
3. Использующую ресурсы научной графики библиотеки `MathGL`
4. Использующую систему автоматического документирования `Doxygen`
5. С использованием системы `Git` для контроля версий в процессе разработки

### Дисциплина 3. Стохастические методы в естественных науках

1. Выразите плотность  $n$  ферми-газа через функцию Грина  $G(\varepsilon(p))$ , воспользовавшись соотношением

$$\text{Tr } G_{\text{эф}}(x, x')$$

Вычислите интеграл и получите формулу  $p_0^3 = 3\pi^2 n$  для импульса Ферми  $p_0$ .

2. Построить алгоритм прямого моделирования для интегрального уравнения

$$\varphi(x) = \lambda \int_{-\infty}^{\infty} e^{-|x-y|} \varphi(y) dy + \frac{1}{\sqrt{2\pi}} e^{-x^2/2}.$$

Оценить следующие величины:

а)  $I_h = \langle \varphi, h \rangle$ , где  $h(x) = 1$  при  $|x| \leq 1$  и  $h(x) = 0$  при  $|x| > 1$

б) значение  $\langle \varphi, \varphi \rangle$ .

3. Написать алгоритмы моделирования двумерных случайных векторов с плотностями распределения:

а)  $c x e^{-xy}, 0 \leq x \leq 2, y \geq 0$

б)  $c (e^{-|x|} + e^{-|y|}), -1 \leq x, y \leq 1$

с)  $c \sqrt{x^2 + y^2}, 0 \leq x, y \leq 1$

4. Реализуйте алгоритм моделирования однородного гауссовского процесса:

а) заданного начальным распределением

$$P_0(x) = \begin{cases} 2x, & x \in [0, 1] \\ 0, & x \notin [0, 1] \end{cases}$$

и ковариационной функцией

$$R(x) = \begin{cases} e^{-x}, & x > 0 \\ 0, & x \leq 0 \end{cases}$$

б) стационарного со спектральной плотностью  $\frac{1}{1+x^2}$

### Дисциплина 4. Параллельные вычисления

1. Написать программу, в которой создается группа параллельных потоков и каждый поток выводит свой номер. Модифицировать программу так, чтобы вывод производился в порядке возрастания номеров потоков: поток 0 печатает строку вывода первым, затем поток 1 и т.д.

2. Написать параллельный вариант цикла:

```
do i = 2, N
  A(i) = i + A(i-1)
end do
```

3. Написать параллельную программу для вычисления суммы  $1 + 2 + 3 + \dots + N$ . Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма.

4. Написать параллельную программу для приближенного вычисления числа  $\pi$ . Указание:

$$\pi = 4 \left( 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + K \right).$$
 Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма.

5. Написать параллельную программу для приближенного вычисления числа  $e$ . Указание:

$$e = 1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + K.$$
 Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма и различные

способы распределения нагрузки между потоками.

6. Написать программу для определения способа распределения итераций параллельного цикла (клауза schedule директив for и do), по умолчанию реализуемого компилятором. Входными данными является число итераций, выходными данными – распределение итераций по потокам, например для 10 итераций и двух потоков:

Поток 0: итерации 0 – 4

Поток 1: итерации 5 – 9

7. Смоделировать барьерную синхронизацию потоков (barrier) при помощи критических секций.

8. Смоделировать операцию редукции с использованием разных способов организации взаимного исключения (атомарные операции, критические секции, синхронизация при помощи замков).

9. Написать параллельную программу для нахождения максимального (минимального) значения среди элементов одномерного целочисленного массива. Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма.

10. Написать параллельную программу для решения задачи поиска максимального значения среди минимальных элементов строк матрицы:

$$M = \max_{1 \leq i \leq N} \left\{ \min_{1 \leq j \leq N} A_{ij} \right\}.$$

11. Написать параллельную программу для вычисления произведения вектора на число и скалярного произведения двух векторов произвольной размерности N. Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма.

12. Разработать программу для вычисления скалярного произведения для последовательного набора векторов (исходные данные можно подготовить заранее в отдельном файле). Ввод векторов и вычисление их произведения следует организовать как две отдельные задачи, для распараллеливания которых следует использовать директиву sections.

13. Написать параллельную программу для вычисления произведения матриц. Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма.

14. Написать программу, реализующую параллельный вариант решета Эратосфена при помощи метода декомпозиции.

15. Написать параллельную программу для численного вычисления определенного интеграла:

а) методом прямоугольников;

б) методом трапеций;

в) методом Симпсона;

г) методом Монте-Карло.

16. Написать параллельную программу для сортировки одномерного целочисленного массива:

а) методом четно-нечетной сортировки;

б) параллельным вариантом метода быстрой сортировки (quicksort);

в) при помощи PSRS-алгоритма.

17. Написать параллельную программу для решения системы линейных алгебраических уравнений с невырожденной квадратной матрицей произвольного порядка N:

а) методом Гаусса;

б) методом LU-разложения;

в) методом последовательной верхней релаксации (SOR);

г) методом сопряженных градиентов.

18. Написать параллельную программу для решения системы линейных алгебраических уравнений методом переменных направлений:

а) 5-диагональная матрица;

б) 7-диагональная матрица.

#### **Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплинам, включенным в модуль**

Целью промежуточной аттестации является комплексная и объективная оценка знаний аспирантов в процессе освоения основной образовательной программы высшего профессионального образования. Промежуточный контроль успеваемости проводится в виде кандидатского экзамена по всем вопросам дисциплин, включенным в модуль «Дисциплины,

направленные на подготовку к сдаче кандидатского экзамена». Теоретические вопросы для кандидатского экзамена приводятся ниже.

### *Теоретические вопросы кандидатского экзамена*

- 1 Основные этапы построения модели.
- 2 Схема процесса математического моделирования объекта.
- 3 Основные особенности вычислительного эксперимента.
- 4 Иерархические цепочки моделей газа:
- 5 Поняти: объект, модель, математическая модель.
6. Классификация физических процессов относительно времени.
7. Иерархические цепочки моделей газа:
8. Основные этапы решения некоторой краевой задачи сеточными методами.
9. Основные понятия теории разностных схем: шаблон, явная и неявная схема, консервативная и неконсервативная схема.
10. Основные вариационные методы, применяемые для решения задач математической физики.
11. Уравнение гидродинамики и акустики для идеальной жидкости.
- 12 Принципы построения простейших математических моделей.
13. Корректно и некорректно поставленные задачи.
14. Качества хорошей вычислительной программы.
15. Правила структурного программирования.
  16. Принципы программирования в UNIX-подобных системах: «Философия UNIX»
  17. Использование динамических и статических библиотек: создание библиотек, подключение библиотек.
  18. Утилита make. Создание Makefile.
  19. Сборка проектов на основе Autotools.
  20. Сборка проектов на основе CMake.
  21. Сборка проектов на основе SCons.
  22. Модули Qt. Механизм сигналов и слотов. Работа с qmake.
  23. Сборка проекта, части которого написаны на C, Fortran, Pascal.
  24. Использование MathGL для визуализации численных расчётов.
  25. Решение системы обыкновенных дифференциальных уравнений с помощью библиотеки GSL.
  26. Применение модулей NumPy и SciPy для численного моделирования.
  27. Контроль версий в процессе разработки проекта средствами Git.
  28. Создание RPM-пакетов. Формат spec-файла. Стандартные макросы.
  29. Моделирование случайных величин
  30. Моделирование дискретных случайных величин.
  31. Моделирование непрерывных случайных величин.
  32. Моделирование некоторых специальных распределений.
  33. Моделирование нормального распределения.
  34. Многомерный изотропный вектор.
  35. Моделирование случайных векторов.
  36. Моделирование распределения, равномерного в интервале (0,1).
  37. Центральная предельная теорема. Вихрь Мерсена.



38. Генераторы равномерно распределенных величин на многообразиях.
39. Закон больших чисел и его применение для вычисления интегральных средних.
40. Моделирование случайных процессов и общая схема метода Монте Карло. Обобщенные плотности.
41. Случайные процессы и их моделирование.
42. Общая схема метода Монте Карло.
43. Случайные процессы и континуальные интегралы.
44. Конструктивное задание случайных процессов.
45. Функция Грина в задачах естествознания.
46. Законы сохранения. Обобщенное уравнение Больцмана. Уравнение Больцмана кинетической теории газов и уравнение Смолуховского теории коагуляции.
47. Уравнения Власова.
48. Уравнения Кортвега – де Фриза, Кадомцева-Петвиашвили, Хопфа.
49. Уравнения механики сплошной среды, порождённые уравнениями физической кинетики.
50. Некоторые специальные решения уравнений газодинамики, уравнений Больцмана и Смолуховского
51. Получить численное решение для следующих начально-краевых задач для однородного уравнения теплопроводности на отрезке. Сравнить с аналитическим решением. Распараллелить код с использованием технологии OpenMP или MPI (на выбор преподавателя). Оценить ускорение по сравнению с однопоточным кодом.

а)  $u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, \pi); \quad t > 0;$   
 $u|_{x=0} = 0; \quad u|_{x=\pi} = 1; \quad u|_{t=0} = \frac{x}{\pi} + 4 \sin 3x;$

$$u_0(x, t) = \frac{x}{\pi} + 4e^{-9t} \sin 3x.$$

б)  $u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, 1); \quad t > 0;$   
 $u|_{x=0} = 2t; \quad u|_{x=1} = 1 + 2t; \quad u|_{t=0} = x^2;$   
 $u_0(x, t) = x^2 + 2t.$

в)  $u_t = \frac{1}{2}u_{xx}; \quad x \in (0, 1); \quad t > 0;$   
 $u_x|_{x=0} = 0; \quad u|_{x=1} = 1 + t; \quad u|_{t=0} = x^2;$   
 $u_0(x, t) = x^2 + t.$

г)  $u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, 1); \quad t > 0;$   
 $u_x|_{x=0} = -1; \quad u_x|_{x=1} = 1; \quad u|_{t=0} = x(x-1);$   
 $u_0(x, t) = x^2 - x + 2t.$

д)  $u_t = \frac{1}{6}u_{xx}; \quad x \in (0, 2); \quad t > 0;$   
 $u|_{x=0} = 0; \quad u_x|_{x=2} = 12 + t; \quad u|_{t=0} = x^3;$   
 $u_0(x, t) = x^3 + xt.$

ж)  $u_t = 4u_{xx}; \quad x \in (0, \pi); \quad t > 0;$   
 $u_x|_{x=0} = 1; \quad u|_{x=\pi} = \pi - e^{-4t}; \quad u|_{t=0} = x + \cos x;$   
 $u_0(x, t) = x + e^{-4t} \cos x.$

з)  $u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, 2\pi); \quad t > 0;$   
 $u_x|_{x=0} = 0; \quad u_x|_{x=2\pi} = 0; \quad u|_{t=0} = \sin^2 \frac{x}{2};$   
 $u_0(x, t) = \frac{1}{2}(1 - e^{-t} \cos x).$

2. Получить численное решение следующих краевых задач для уравнений эллиптического типа. Сравнить с аналитическим решением. В этом задании:  $\Delta = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}$ . Распараллелить код с использованием технологии OpenMP или MPI (на выбор преподавателя). Оценить ускорение по сравнению с однопоточным кодом.

- а)  $\Delta u = 0$ ;  $x \in (0,1)$ ;  $y \in (0,1)$ ;  
 $(u_x - u)|_{x=0} = 1$ ;  $u_x|_{x=1} = y + 1$ ;  
 $(u_y - u)|_{y=0} = 1$ ;  $u|_{y=1} = 2x + 1$ ;  
 $u_0(x, y) = xy + x + y$ .
- б)  $\Delta u = 0$ ;  $x \in (0,1)$ ;  $y \in (0,1)$ ;  
 $(u_x - u)|_{x=0} = y(y + 1)$ ;  $u_x|_{x=1} = y + 3$ ;  
 $u_y|_{y=0} = x$ ;  $u|_{y=1} = x^2 + 2x$ ;  
 $u_0(x, y) = x^2 - y^2 + xy + x + 1$ .
- в)  $\Delta u = -2 \sin x \cdot \sin y$ ;  $x \in \left(0, \frac{\pi}{2}\right)$ ;  $y \in (0, \pi)$ ;  
 $u|_{x=0} = 0$ ;  $u_x|_{x=\frac{\pi}{2}} = 0$ ;  
 $u_y|_{y=0} = \sin x$ ;  $u|_{y=\pi} = 0$ ;  
 $u_0(x, y) = \sin x \cdot \sin y$ .
- г)  $\Delta u = -x \sin y$ ;  $x \in (0,1)$ ;  $y \in (0, \pi)$ ;  
 $u|_{x=0} = 0$ ;  $u_x|_{x=1} = \sin y$ ;  
 $u_y|_{y=0} = x$ ;  $u|_{y=\pi} = 0$ ;  
 $u_0(x, y) = x \sin y$ .
- д)  $\Delta u + u = 0$ ;  $x \in (0,2)$ ;  $y \in (0, 4\pi)$ ;  
 $u_x|_{x=0} = \sin y$ ;  $u|_{x=2} = 2 \sin y$ ;  
 $u|_{y=0} = 0$ ;  $u_y|_{y=4\pi} = x$ ;  
 $u_0(x, y) = x \sin y$ .
- ж)  $\Delta u - u = 0$ ;  $x \in (0,1)$ ;  $y \in (0,1)$ ;  
 $u_x|_{x=0} = \operatorname{sh} y$ ;  $u|_{x=1} = 0$ ;  
 $(u_y - u)|_{y=0} = x - 1$ ;  $u|_{y=1} = (x - 1) \operatorname{sh} 1$ ;  
 $u_0(x, y) = (x - 1) \operatorname{sh} y$ .
- з)  $\Delta u = e^u$ ;  $x \in (0,1)$ ;  $y \in (0,1)$ ;  
 $u_x|_{x=0} = \frac{-2}{y+1}$ ;  $u_x|_{x=1} = \frac{-2}{y+2}$ ;  
 $u_y|_{y=0} = \frac{-2}{x+1}$ ;  $u_y|_{y=1} = \frac{-2}{x+2}$ ;  
 $u_0(x, y) = \ln\left(\frac{4}{(x+y+1)^2}\right)$ .

## Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций

### Этап: проведение текущего контроля успеваемости по дисциплинам, включенным в модуль

Текущий контроль предназначен для проверки качества формирования компетенций, уровня овладения теоретическими и практическими знаниями, умениями и навыками. Выполнение заданий текущего контроля оценивается по двухбалльной шкале: «аттестовано», «не аттестовано».

#### *Рекомендации по оцениванию теоретических вопросов устного опроса:*

Оценки «*аттестован*» заслуживает аспирант, при устном ответе которого:

- содержание полностью раскрывает тему теоретического вопроса в пределах программных требований;
- материал изложен логически последовательно и целостно, в смысловом и в структурном отношении выражает точку зрения по обсуждаемым вопросам;
- убедительно доказана практическая значимость.

Оценка «*не аттестован*», выставляется аспиранту, обнаружившему пробелы в знаниях основного программного материала по теме опроса.

#### *Рекомендации по оцениванию коллоквиума*

Оценки «*аттестован*» заслуживает аспирант, при проведении коллоквиума демонстрирующий:

- полные знания по темам коллоквиума;
- усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе;
- показавший систематический характер знаний по дисциплине;
- владение собственными оценками и выводами по вопросам коллоквиума;
- умение грамотно формулировать свои мысли и вести дискуссию по темам коллоквиума;
- проявляющий навык применять полученные знания в своей профессиональной деятельности.

Оценки «*не аттестован*» заслуживает аспирант, который при проведении коллоквиума не демонстрирует знаний по темам коллоквиума, собственных выводов и оценок, грамотно формулируемых и представляемых в рамках тематической дискуссии.

#### *Рекомендации по оцениванию индивидуального практического задания*

Оценки «*аттестован*» заслуживает аспирант, при выполнении проведения индивидуального практического задания демонстрирующий:

- полное раскрытие темы, проведенный исчерпывающий анализ проблемы, завершающийся обоснованными выводами по всем аспектам рассматриваемой темы;
- представленная информация систематизирована и последовательна, материал сопровождался презентацией, наглядно демонстрирующей концепцию работы;
- показано использование основной литературы, рекомендованной в программе;
- навыки применять полученные знания в своей профессиональной деятельности.

Оценки «*не аттестован*» заслуживает аспирант, который при выполнении индивидуального практического задания не демонстрирует знаний по предложенной теме, собственных выводов и оценок, грамотно формулируемых и представляемых в рамках задания. Представляемая информация логически не связана. Текст не соответствует научному стилю речи.

### Этап: проведение промежуточной аттестации по дисциплинам, включенным в модуль

Кандидатский экзамен является формой оценки выполнения аспирантами индивидуальных практических заданий, самостоятельных работ (реферирование), проверки полноты усвоения ими

теоретических знаний и практических навыков в объеме учебных программ посредством коллоквиумов и устного опроса, выступления с докладами.

Кандидатский экзамен оценивается по четырехбалльной шкале с оценками: «отлично»; «хорошо»; «удовлетворительно»; «неудовлетворительно».

К экзамену допускаются аспиранты, успешно прошедшие все формы текущего контроля, предусмотренные рабочей программой модуля. Аттестационное испытание состоит из ответов на два теоретических вопроса.

#### ***Рекомендации по оцениванию ответа на теоретический вопрос:***

Оценка «отлично» ставится, если ответы на поставленные вопросы в билете излагаются логично, последовательно и не требуют дополнительных пояснений. Делаются обоснованные выводы. Демонстрируются глубокие знания по предмету. Аспирант отвечает на дополнительные вопросы верно.

Оценка «хорошо» ставится, если ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний.

**Получение положительных оценок (отлично, хорошо, удовлетворительно) позволяет сделать вывод о достаточной сформированной следующих компетенций:**

- владение методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности (ОПК-1);
- владение культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий (ОПК-2);
- способность к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности (ОПК-3);
- способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования (ПК-2);
- владение современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры (ПК-3);
- способность проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты (ПК-4);
- способностью создавать программные средства для решения актуальных прикладных задач с использованием ресурсов, доступных в сети Интернет по свободным лицензиям и с открытым исходным кодом (ПК-5).