

**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».

Авторы программы:

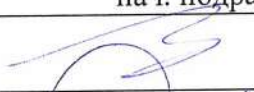

д.ф.-м.н., профессор Галкин В.А.

к.ф.-м.н., доцент Моргун Д.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.т.н., доцент Сысоев С.М.

## 1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ

Целью освоения модуля «Дисциплина/дисциплины (модули), в том числе направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов» 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. 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. 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 вариативной части 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 вариативной части 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 компетенциями:

**ОПК-1** – владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности;

**ОПК-2** – владением культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий);

**ОПК-3** – способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности;

**ПК-2** – способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования;

**ПК-3** – владением современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры;

**ПК-4** – способностью проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты;

**ПК-5** – способностью создавать программные средства для решения актуальных прикладных задач с использованием ресурсов, доступных в сети Интернет по свободным лицензиям и с открытым исходным кодом.

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,

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, приложения математической физики к задачам математического моделирования, 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, методы и способы проведения вычислительных экспериментов по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и способы анализа полученных результатов, 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.

***Уметь:***

применять методы математического моделирования для решения практических задач, 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, создавать и применять программные средства для решения прикладных задач математической физики численными методами; проводить вычислительный эксперимент и оценивать его достоверность, применять на практике методы математической физики для создания и исследования математических моделей различных физических процессов и явлений, 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, проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты, 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 rpm для включения в дистрибутив.

***Владеть:***

методологией математического моделирования и вычислительного эксперимента, навыками анализа предметной области и поиска актуальных и достоверных литературных и программных ресурсов для решения прикладных задач, методикой разработки и применения программных средств вычислительного эксперимента, способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования,

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 по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализа полученных результатов,  
 навыками разработки прикладного программного обеспечения, использующего возможности современных программных библиотек для создания сложных проектов.

#### 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
<b>Дисциплина 1. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ</b>		
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
<b>Дисциплина 2. Разработка приложений в ОС Linux</b>		
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
<b>Дисциплина 3. Стохастические методы в естественных науках</b>		
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	ПК-2	1

Карло		
<b>Дисциплина 4. Параллельные вычисления</b>		
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	практические занятия	лабораторные работы	самостоятельная работа	
<b>Дисциплина 1. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ</b>							
1.1	Основные понятия математического моделирования.	3	10	10	-	14	Устный опрос, защита индивидуального задания
1.2	Вариационные принципы и иерархия моделей.	3	11	11	-	15	Устный опрос, защита индивидуального задания
1.3	Исследование математических моделей.	3	11	11	-	15	Устный опрос, защита индивидуального задания
	Итого по дисциплине 1		32	32	-	44	<i>Контрольная работа</i>
<b>Дисциплина 2. Разработка приложений в ОС Linux</b>							
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.
2.4	Создание сложных проектов	3	3	3	-	8	Устный опрос. Практическое задание.
2.5	Сборка пакета RPM, готового к включению в дистрибутив		4	4	-	8	Устный опрос. Практическое задание.

	Итого по дисциплине 2		16	16	-	40	Контрольная работа
<b>Дисциплина 3. Стохастические методы в естественных науках</b>							
3.1	Основные модели естествознания и сопутствующие уравнения механики сплошной среды, приводящие к вычислению интегральных средних величин	3	4	4	-	10	Устный опрос. Практическое задание.
3.2	Моделирование переноса в кинетических системах	3	4	4	-	10	Устный опрос. Практическое 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	Устный опрос. Практическое задание.
3.4	Закон больших чисел и его применение для вычисления интегральных средних. Методы Монте Карло.	3	4	4	-	10	Устный опрос. Практическое задание.
	Итого по дисциплине 3		16	16	-	40	Контрольная работа
<b>Дисциплина 4. Параллельные вычисления</b>							
4.1	Классификация многопроцессорных вычислительных систем.	3	4	4	-	10	Устный опрос. Практическое задание.
4.2	Основные принципы организации параллельной обработки данных: модели, методы и технологии параллельного программирования	3	4	4	-	10	Устный опрос. Практическое задание.
4.3	Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP).	3	4	4	-	10	Устный опрос. Практическое задание.
4.4	Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI	3	4	4	-	10	Устный опрос. Практическое задание.
	Итого по дисциплине 4		16	16	-	40	Контрольная работа
	<b>Итого по дисциплинам:</b>		<b>64</b>	<b>64</b>	<b>-</b>	<b>124</b>	<b>Кандидатский экзамен (контроль 36 часов)</b>

## 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 ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

а) основная литература

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

1. Безруков, Алексей Иосифович. Математическое и имитационное моделирование : Учебное пособие .— 1 .— Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018 .— 227 с. .— ISBN 9785160127095 .— <URL:<http://znanium.com/go.php?id=944595>>.



2. Тарасик, Владимир Петрович. Математическое моделирование технических систем : Учебник .— 1 .— Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018 .— 592 с. — ISBN 9785160119960 .— <URL:<http://znanium.com/go.php?id=952123>>.
3. Коломейченко, Алла Сергеевна. Математическое моделирование и проектирование : Учебное пособие .— 1 .— Москва : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2018 .— 181 с. — ISBN 9785160128900 .— <URL:<http://znanium.com/go.php?id=884599>>.

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

1. Курячий, Г. В. Операционная система Linux. Курс лекций [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Г. В. Курячий, К. А. Маслинский .— Операционная система Linux. Курс лекций, 2019-04-19 .— Саратов : Профобразование, 2017 .— 348 с. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. — ISBN 978-5-4488-0110-5
2. Гончарук, С. В. Администрирование ОС Linux [Электронный ресурс] / С. В. Гончарук .— Администрирование ОС Linux, 2019-12-01 .— Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016 .— 164 с. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS.
3. Мамоиленко, С. Н. Операционные системы. Часть 1. Операционная система Linux [Электронный ресурс] : Практикум / С. Н. Мамоиленко .— Операционные системы. Часть 1. Операционная система Linux, 2021-02-10 .— Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2008 .— 119 с. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS.

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

1. Галкин, Валерий Алексеевич (д-р физ.-мат. наук) . Анализ математических моделей [Текст] : [монография] : системы законов сохранения, уравнения Больцмана и Смолуховского / В. А. Галкин .— М. : БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009 .— 408 с. : ил. ; 22 .— (Математическое моделирование) .— На 4-й с. обл. авт.: Галкин В.А. - д.ф.-м.н., проф. — Книга с автографом автора 62813099 : 251306 .— Библиогр.: с. 391-403 (270 назв.) .— ISBN 978-5-94774-901-4, 600.
2. Матальцкий, М. А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы [Электронный ресурс] : Учебное пособие / М. А. Матальцкий, Хацкевич А. Г. — Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы, 2020-02-24 .— Минск : Вышэйшая школа, 2012 .— 720 с. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. — ISBN 978-985-06-2105-4 .
3. Юдович, Виктор Иосифович. Математические модели естественных наук : / В. И. Юдович .— Москва : Лань, 2011 .— 335 с. : ил. ; 21 см .— (Учебники для вузов : Специальная литература) .— Библиогр.: с. 327-329. — ISBN 978-5-8114-1118-4 .— <URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_cid=25&pl1\\_id=689](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=689)>.

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

1. Параллельные вычисления общего назначения на графических процессорах [Электронный ресурс] : Учебное пособие / К. А. Некрасов [и др.] .— Параллельные вычисления общего назначения на графических процессорах, 2022-08-31 .— Екатеринбург : Уральский федеральный университет, ЭБС АСВ, 2016 .— 104 с. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. — ISBN 978-5-7996-1722-6 .
2. Биллиг, В. А. Параллельные вычисления и многопоточное программирование [Электронный ресурс] / В. А. Биллиг .— Параллельные вычисления и многопоточное программирование, 2021-01-23 .— Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016 .— 310 с. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS.
3. Рычков, А. Д. Численные методы и параллельные вычисления [Электронный ресурс] : Учебное пособие / А. Д. Рычков ; ред. В. Г. Хорошевский .— Новосибирск : Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2007 .— 142 с. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS.

*b) дополнительная литература*

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

1. Самарский, Александр Андреевич. Численные методы решения задач конвекции-диффузии / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич .— 2-е изд., испр. — М. : Едиториал УРСС, 2003 .— 246 с. : ил. — Предм. указ. : с. 245-246 .— ISBN 5-354-00150-1 : 186,33.
2. Самарский, Александр Андреевич. 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 (М. : Ленанд) .— 422, [1] с. : ил. ; 22 см .— Библиогр.: с. 417-421 (108 назв.) .— Предм. указ.: 422, 423 .— ISBN 978-5-397-00862-4.
4. Кирко, И. М. Магнитная гидродинамика. Современное видение проблем [Электронный ресурс] / И. М. Кирко, Г. Е. Кирко .— Магнитная гидродинамика. Современное видение проблем, 2019-10-01 .— Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2009 .— 632 с. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. .— ISBN 978-5-93972-752-5 .
5. Самарский, Александр Андреевич. Вычислительная теплопередача [Текст] / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич .— Изд. 2-е .— М. : URSS, 2009 .— 782 с. : ил. — Предм. указ. : с. 780-782 .— ISBN 978-5-397-00761-0.
6. Зализняк, Виктор Евгеньевич. Численные методы. Основы научных вычислений : Учебник и практикум / В. Е. Зализняк .— 2-е изд., пер. и доп. — Электрон. дан. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 .— 356 .— (Бакалавр. Академический курс) .— Режим доступа: <https://www.biblionline.ru> .— Internet access .— ISBN 978-5-534-02714-3 : 679.00 .— <URL:<https://www.biblionline.ru/book/chislennyye-metody-osnovy-nauchnyh-vychisleniy-431899>> .— <URL:<https://www.biblionline.ru/book/cover/49B21B63-9010-40C9-A111-503AEC98BDDE>>.

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

1. Власко, Андрей Федорович. Работа с интерфейсом прикладного программирования ОС Linux [Электронный ресурс] : учебно-методическое пособие по дисциплине "Разработка приложений в ОС linux " / Власко А. Ф., Галиев И. М. ; Департамент образования и молодежной политики Ханты-Мансийского автономного округа - Югры, БУ ВО Ханты-Мансийского автономного округа - Югры "Сургутский государственный университет", Политехнический институт, Кафедра строительных технологий и конструкций .— Электронные текстовые данные (1 файл: 492 619 байт) .— Сургут : Сургутский государственный университет, 2016 .— Заглавие с титульного экрана .— Коллекция: Учебно-методические пособия СурГУ .— Режим доступа: Корпоративная сеть СурГУ или с любой точки подключения к Интернет, по логину или паролю .— Системные требования: Adobe Acrobat Reader .— <URL:[https://elib.surgu.ru/fulltext/umm/3966\\_Власко\\_А\\_Ф\\_Галиев\\_И\\_М\\_Работа\\_с\\_интерфейсом](https://elib.surgu.ru/fulltext/umm/3966_Власко_А_Ф_Галиев_И_М_Работа_с_интерфейсом)>.
2. Собелл, Марк Г. Практическое руководство по Red Hat Linux [Текст] = A Practical Guide to Red Hat Linux : Fedora Core u Red Hat Enterprise Linux / Марк Г. Собелл ; [пер. с англ. А. А. Моргунова] .— 2-е изд. — М. [и др.] : Вильямс, 2005 ( : ГПП Печ. Двор) .— 1071 с. : ил. ; 24 + 1 электронный оптический диск (CD-ROM) .— Предм. указ.: с. 1063-1071 .— ISBN 5-8459-0841-8 (в пер.) : 726,50 : 692,41, 3000. 4. Курячий, Г. В. Операционная система Linux. Курс лекций [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Г. В. Курячий, К. А. Маслинский .— Операционная система Linux. Курс лекций, 2019-04-19 .— Саратов : Профобразование, 2017 .— 348 с. — Книга находится в премиум-версии ЭБС IPR BOOKS. .— ISBN 978-5-4488-0110-5 .

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

1. Галкин, В. А. Уравнение Смолуховского / В. А. Галкин .— М. : Физматлит, 2001 .— 335с. — Книга с автографом автора 62813099 : 251304 .— ISBN 5-9221-0208-7 : Б.ц.
2. Ермаков, С.М. Метод Монте-Карло и смежные вопросы / С.М.Ермаков .— М. : Наука, 1971 .— 327с. — (Теория вероятностей и математическая статистика) .— 3000,00.

3. Линейные и нелинейные уравнения соболевского типа [Текст] / А. Г. Свешников, А. Б. Альшин, М. О. Корпусов, Ю. Д. Плетнер .— М. : Физматлит, 2007 .— 734 с. ; 22 .— (Математика и прикладная математика) .— Библиогр.: с. 711-728 .— ISBN 978-5-9221-0779-2 (В пер.) : 0,00, 400.
  4. Кляцкин, Валерий Исаакович. Стохастические уравнения; Стохастические уравнения глазами физиков [Текст] : теория и ее приложения к акустике, гидродинамике и радиофизике : [в 2 т.] : [монография] : основные положения, точные результаты и асимптотические приближения / В. И. Кляцкин .— [Расшир. и перераб. изд. кн. "Стохастические уравнения глазами физиков: основные положения, точные результаты и асимптотические приближения". М.: Физматлит., 2001] .— М. : ФИЗМАТЛИТ, 2008 .— Москва, 2001 .— ; 28 .— (Фундаментальная и прикладная физика).
  5. Михайлов, Геннадий Алексеевич. Численное статистическое моделирование [Текст] : Методы Монте-Карло : учебное пособие для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки "Прикладная математика" / Г. А. Михайлов, А. В. Войтишек .— М. : Академия, 2006 .— 366, [1] с. : ил. ; 22 .— (Университетский учебник, Прикладная математика и информатика) .— Библиогр.: с. 356-359 .— ISBN 5-7695-2739-0 (В пер.) : 283,00, 1500.
- Левитов, Леонид Самуилович. Функции Грина : / Л. С. Левитов, А. В. Шитов .— Москва : Физматлит, 2007 .— 388 с. : ил. — Библиогр.: с. 386. - Предм. указ.: с. 387-388 .— ISBN 978-5-9221-0098-4 .— <URL:[http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=59281](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=59281)>.

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

1. Ряховский, Алексей Васильевич. Технологии параллельного программирования [Электронный ресурс] : Стандарт OpenMP / А. В. Ряховский ; Департамент образования и молодёжной политики Ханты-Мансийского автономного округа - Югры, БУ ВО "Сургутский государственный университет", Кафедра прикладной математики .— Электронные текстовые данные (1 файл: 764 040 байт) .— Сургут : Издательство СурГУ, 2015 .— Заглавие с титульного экрана. — Коллекция: Учебно-методические пособия СурГУ .— Библиография: с. 29 .— Режим доступа: Корпоративная сеть СурГУ или с любой точки подключения к Интернет, по логину и паролю .— Системные требования: Adobe Acrobat Reader .— <URL:[https://elib.surgu.ru/fulltext/umm/2361\\_Ряховский\\_А\\_В\\_Технологии\\_параллельного\\_программирования](https://elib.surgu.ru/fulltext/umm/2361_Ряховский_А_В_Технологии_параллельного_программирования)>.
3. Колдаев, Виктор Дмитриевич. Основы алгоритмизации и программирования : Учебное пособие .— 1 .— Москва ; Москва : Издательский Дом "ФОРУМ" : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2017 .— 416 с. .— ISBN 9785819902790 .— <URL:<http://znanium.com/go.php?id=902236>>.
4. Ночка, Евгений Иванович. Основы алгоритмизации и программирования на языке Питон : Учебник .— 1 .— Москва ; Москва : ООО "КУРС" : ООО "Научно-издательский центр ИНФРА-М", 2017 .— 208 с. .— ISBN 9785906818751 .— <URL:<http://znanium.com/go.php?id=795688>>.

*с) 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

*d) периодические издания (научные журналы)*

Научные и технические библиотеки  
Экология и промышленность России  
Электротехника

### **6.1. СОВРЕМЕННЫЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ (В ТОМ ЧИСЛЕ МЕЖДУНАРОДНЫЕ РЕФЕРАТИВНЫЕ БАЗЫ ДАННЫХ)**

«Издания по общественным и гуманитарным наукам»

<https://dlib.eastview.com/browse/udb/4>

Правообладатель: ООО «ИВИС».

Лицензионный договор №01-17Д-300 от 29.05.2017 г., доступ предоставлен с 1.01.2018 г. до 31.12.2018 г.

База данных «Издания по общественным и гуманитарным наукам» предоставляет никальный доступ к десяткам ведущих российских периодических изданий по гуманитарным наукам - журналам институтов Российской Академии наук, охватывающим области от археологии до лингвистики. Полные тексты исследований и художественных произведений воспроизводятся с нумерацией страниц оригинала, облегчающей и библиографические ссылки на источники.

Условия доступа: по IP адресам СурГУ.

Национальная электронная библиотека нэб.рф

Правообладатель: Федеральное государственное бюджетное учреждение «Российская государственная библиотека».

Договор о подключении №101/НЭБ/0442-п от 2.04.2018 г., доступ предоставлен с 1.01.2018 г. и бессрочно.

Национальная электронная библиотека (НЭБ) — представленный единым порталом и поисковой системой проект, цель которого — свободный доступ читателей к фондам российских библиотек. На портале представлены электронные копии книг и библиографические записи федеральных и региональных библиотек России. Издания посвящены самой разной тематике и относятся к широкому набору жанров. В оцифрованном виде можно найти как древние рукописи, так и самые последние научные и художественные произведения. Часть книг находится в свободном доступе, часть защищена авторским правом.

Условия доступа: со всех компьютеров библиотеки.

Электронная библиотека диссертаций <https://dvs.rsl.ru/>

Правообладатель: ФГБУ «Российская государственная библиотека».

Договор №095/04/0164-101-17д-607 от 25.09.2017 г., доступ предоставлен с 23.11.2017 г. до 22.11.2018 г.

Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки содержит около 900 тыс. полных текстов диссертаций и авторефератов по всем специальностям. Пополнение базы новыми документами происходит по мере их оцифровки (около 25000 диссертаций в год).

Каталог Электронной библиотеки диссертаций РГБ находится в свободном доступе для любого пользователя сети Интернет. Просмотр полнотекстовых электронных версий возможен только с компьютеров НБ Сургу по логину и паролю. Для этого читателю необходимо самостоятельно заполнить анкету на странице регистрации в виртуальном читальном зале (ВЧЗ). После заполнения и отправки анкеты на регистрацию надо обратиться к библиотекарю-консультанту зала электронных ресурсов с просьбой подтвердить регистрацию читателя и прикрепить его в ВЧЗ.

Научная электронная библиотека (eLIBRARY.RU) <http://www.elibrary.ru>

Правообладатель: ООО «Научная электронная библиотека».

Договор № SIO-641/2017/02-16Д-308 от 19.05.2017 г., доступ предоставлен с 28.07.2017 г. до 29.07.2018 г.

Универсальная eLIBRARY.RU – крупнейшая в России электронная библиотека научных публикаций, обладающая богатыми возможностями поиска и получения информации. Содержит полнотекстовые версии иностранных и отечественных научных журналов, рефераты публикаций журналов, а также описания зарубежных и российских диссертаций. Свыше 2800 российских научных журналов размещены в бесплатном открытом доступе. Для доступа к остальным изданиям предлагается возможность подписаться или заказать отдельные публикации. Библиотека интегрирована с Российским индексом научного цитирования (РИНЦ).

Российская национальная библиотека

[http://primo.nlr.ru/primo\\_librarylibweb/action/search.do?menuitem=ucatalog=true](http://primo.nlr.ru/primo_librarylibweb/action/search.do?menuitem=ucatalog=true)

Коллекции Электронных изданий Российской национальной библиотеки Scopus <http://www.scopus.com>

Правообладатель: ООО «Эко-вектор Ай - Пи».

Контракт №387200022317000253-0288756-01 от 13.12.2017г. доступ предоставлен с 1.11.2017г. до 31.10.2018 г.

Scopus – универсальная реферативная база данных, содержащая аннотации и информацию о цитируемости рецензируемой литературы со встроенными библиометрическими механизмами отслеживания, анализа и визуализации данных. В базе содержится более 21900 изданий от 5000 международных издателей в области фундаментальных, общественных и гуманитарных наук, техники, медицины и искусства.

Доступ в локальной сети университета

Springer

Springer международная издательская компания, специализирующаяся на выпуске академических журналов и книг по естественнонаучным направлениям.

Ресурсы: Springer Journals — полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства Springer по различным отраслям знаний.

Springer Protocols — коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний.

Springer Materials — коллекция научных материалов в области физических наук и инжиниринга.

Springer Reference — электронные энциклопедии, справочники, словари и атласы по всем отраслям науки.

zbMATH — реферативная база данных по чистой и прикладной математике. Условия доступа: по IP адресам СурГУ.

Web of Science

<http://webofknowledge.com>

Правообладатель: НП «НЭИКОН»

Контракт №01-18ГК222 от 18.05.2018г. доступ предоставлен с 1.04.2018-31.12.2018г.

Контракт №01-07Д-614 от 8.11.2017 г., доступ предоставлен с 1.11.2017 г. до 31.10.2018 г.

Web of Science (WoS) — поисковая платформа, объединяющая реферативные базы данных публикаций в научных журналах, в том числе базы, учитывающие взаимное цитирование публикаций. WoS охватывает материалы по естественным, техническим, общественным, гуманитарным наукам и искусству. Платформа обладает встроенными возможностями поиска, анализа и управления библиографической информацией.

По подписке доступны следующие базы данных:

Web of Science Core Collection, включая все индексы научного цитирования:

Science Citation Index Expanded (1975-по настоящее время)

Social Sciences Citation Index (1975-по настоящее время)

Arts & Humanities Citation Index (1975-по настоящее время)  
Conference Proceedings Citation Index- Science (1990-по настоящее время)  
Conference Proceedings Citation Index- Social Science & Humanities (1990-по настоящее время)  
Book Citation Index— Science (2005-по настоящее время)  
Book Citation Index— Social Sciences & Humanities (2005-по настоящее время)  
Emerging Sources Citation Index (2015-по настоящее время).  
Russian Science Citation Index — доступ к библиографической информации и цитированию научных статей российских исследователей в более 500 научных, технических, медицинских и образовательных журналах (2005по настоящее время).  
InCites — аналитический профиль для исследований и сравнений.  
С информацией по работе с данными ресурсами можно ознакомиться на информационном портале wokinфо.com (на английском языке) или wokinфо.com/russian (на русском языке).  
Дополнительная информация и видео-уроки доступны на каналах YouTube:  
[youtube.com/user/WoSTraining](https://youtube.com/user/WoSTraining) (на английском языке) или [youtube.com/woktrainingsrussian](https://youtube.com/woktrainingsrussian) (на русском языке).  
Условия доступа: по IP адресам в локальной сети СурГУ с дальнейшей регистрацией, которая дает возможность удаленного доступа к ресурсу.

## **6.2. ИНФОРМАЦИОННО-СПРАВОЧНЫЕ СИСТЕМЫ**

### Гарант

Правообладатель: ООО «Гарант – ПроНет».

Договор № 1/ГС-2011-53-05-11/с доступ предоставлен бессрочно.

Справочно-правовая система по законодательству Российской Федерации. Система включает все существующие виды правовой информации: акты органов власти федерального, регионального и муниципального уровня, судебную практику, международные договоры, проекты актов органов власти, формы (бухгалтерской, налоговой, статистической отчетности, бланки, типовые договоры), комментарии, словари и справочники. Условия доступа: по IP адресам СурГУ.

### КонсультантПлюс

Правообладатель: ООО "Информационное агентство «Информбюро».

Договор об информационной поддержке РДД-10/2018 от 26.01.2018 г., доступ предоставлен с 1.01.2018 г. до 31.12.2018 г.

Справочно-правовая система КонсультантПлюс — электронная база правовой и нормативной информации, структурированной по разделам.

Разделы системы КонсультантПлюс

Законодательство

Судебная практика

Финансовые и кадровые консультации

Консультации для бюджетных организаций

Комментарии законодательства

Формы документов

Проекты правовых актов

Международные правовые акты

Правовые акты по здравоохранению

Технические нормы и правила

Условия доступа: по IP адресам СурГУ.

### Евразийская патентная информационная система (ЕАПАТИС)

<http://www.eapatis.com>

Правообладатель: ФС по интеллектуальной собственности ФГБУ «ФИПС».

Письмо исх. № 2014-01/29, доступ предоставлен бессрочно.

Система ЕАПАТИС разработана Евразийским патентным ведомством (ЕАПВ) и является информационно-поисковой системой, обеспечивающей доступ к мировым, региональным и

национальным фондам патентной документации. Русскоязычный фонд представлен в ЕАПАТИС патентной документацией ЕАПВ, России, национальных патентных ведомств стран евразийского региона, включая документацию стран-участниц Евразийской патентной конвенции. Предусмотрены различные виды патентных поисков. В результате проведения поиска формируются списки найденных патентных документов и предоставляются их реферативно-библиографические описания.

Условия доступа: по логину и паролю.

#### Единое окно доступа к образовательным ресурсам - информационная система

<http://window.edu.ru/> Универсальная Информационная система «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» создана по заказу Федерального агентства по образованию в 2005-2008 гг. Целью создания информационной системы «Единое окно доступа к образовательным ресурсам» (ИС «Единое окно») является обеспечение свободного доступа к интегральному каталогу образовательных интернет-ресурсов, к электронной библиотеке учебно-методических материалов для общего и профессионального образования и к ресурсам системы федеральных образовательных порталов. В разделе Библиотека представлено более 27 000 учебно-методических материалов, разработанных и накопленных в системе федеральных образовательных порталов, а также изданных в университетах, ВУЗах и школах России. Все электронные копии учебно-методических материалов были размещены в «Библиотеке» с согласия университетов, издательств и авторов или перенесены с порталов и сайтов, владельцы которых не возражают против некоммерческого использования их ресурсов. В Каталоге хранится более 54 000 описаний образовательных интернет-ресурсов, систематизированных по дисциплинам профессионального и предметам общего образования, типам ресурсов, уровням образования и целевой аудитории. В ИС «Единое окно» предусмотрена единая система рубрикации, возможен как совместный, так и отдельный поиск по ресурсам «Каталога» и «Библиотеки».

#### УИС РОССИЯ <http://uisrussia.msu.ru> Универсальная

Университетская информационная система РОССИЯ включает коллекции законодательных и нормативных документов, статистику Госкомстата и Центризбиркома России, издания средств массовой информации, материалы исследовательских центров, научные издания и т. д. Доступ к аннотациям и частично полным текстам документов (свободный доступ) можно получить с любого компьютера. Для этого необходимо зарегистрироваться на сайте и получить пароль.

## **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 видеокомплексом, 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 программам 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»**

**ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ  
Приложение к рабочей программе по модулю**

**«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, 2018г.

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>

способностью 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>

владением современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры		
Знает	Умеет	Владеет
<p>основные технологии и модели параллельного</p>	<p>создавать параллельные программы для вычислительных систем с</p>	<p>технологиями параллельного программирования для</p>

программирования	распределенной, общей оперативной памятью	вычислительных систем с распределенной или общей оперативной памятью
------------------	-------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------

#### Компетенция <ПК-4>

способностью проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты		
Знает	Умеет	Владеет
методы и способы проведения вычислительных экспериментов по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и способы анализа полученных результатов	проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты	навыками проведения вычислительных экспериментов по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализа полученных результатов

#### Компетенция <ПК-5>

способностью 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	основные понятия математического моделирования; принципы построения математических	Отлично	Глубоко и прочно усвоил весь программный материал по всем дисциплинам, входящим в модуль (дидактические единицы,

<p>моделей; основные этапы математического моделирования, методологию математического моделирования и вычислительного эксперимента, 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, приложения математической физики к задачам математического моделирования, 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, методы и способы проведения вычислительных экспериментов по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных</p>		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, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю), но обнаруживает общее понимание существа вопросов, демонстрирует неполные и слабо аргументированные ответы.
	Неудовлетворительно	Не знает большинство разделов программного материала (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и рабочей программой по модулю).

	<p>вычислительных систем и способы анализа полученных результатов, 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.</p>		
Умеет	<p>применять методы математического моделирования для решения практических задач, 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, создавать и применять программные средства для решения прикладных задач математической физики численными методами; проводить вычислительный эксперимент и оценивать его достоверность, применять на практике методы математической физики для создания и исследования математических моделей различных физических процессов и явлений, применять на практике методы Монте-Карло для описания реальных процессов; понимать, использовать, формулировать и решать задачи, возникающие в ходе научно-исследовательской и</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>
		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>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, проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты, 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.</p>		
Владеет	методологией математического моделирования и вычислительного эксперимента,	Отлично	Свободно справляется с задачами и практическими заданиями программного материала (дидактические единицы, предусмотренные ФГОС ВО и

<p>навыками анализа предметной области и поиска актуальных и достоверных литературных и программных ресурсов для решения прикладных задач, методикой разработки и применения программных средств вычислительного эксперимента, способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования, 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 по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализа полученных результатов, навыками разработки прикладного программного</p>		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).



	обеспечения, использующего возможности современных программных библиотек для создания сложных проектов.		
--	------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	--	--

## **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.

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

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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

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

*Индивидуальное практическое задание:*

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 электродная поверхность 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.

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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

1. Понятия: объект, модель, математическая модель.
2. Классификация физических процессов относительно времени.
3. Иерархические цепочки моделей газа.
4. Уравнение Хопфа.
5. Уравнения акустики.
6. Уравнение типа нелинейной теплопроводности.
7. Уравнение переноса.
8. Уравнения для сжимаемого теплопроводного газа.
9. Одномерные уравнения газовой динамики.
10. Уравнение Лапласа для температуры.
11. Уравнение Эйлера для сжимаемого газа.
12. Уравнение изэнтропического течения идеального газа.

*Индивидуальное практическое задание:*

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

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

2. 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.

3. 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  $u(x,t)$ .

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

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

### Тема 1.3. Исследование математических моделей.

*Перечень вопросов для устного опроса:*

1. Основные этапы решения некоторой краевой задачи сеточными методами.
2. Основные понятия теории разностных схем: шаблон, явная и неявная схема, консервативная и неконсервативная схема.
3. Основные вариационные методы, применяемые для решения задач математической физики.
4. Уравнение гидродинамики и акустики для идеальной жидкости.
5. Принципы построения простейших математических моделей.
6. Корректно и некорректно поставленные задачи.
7. Качества хорошей вычислительной программы.
8. Правила структурного программирования.

*Индивидуальное практическое задание:*

1. 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.

2. 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  $u(x,t)$ .

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

4. 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.

5. 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  $u(x,t)$ .

*Вывод: выполнение заданий по данной дисциплине позволяют оценить сформированность компетенций: ОПК-1 – владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности; ПК-2 – способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования.*

## Дисциплина 2. Разработка приложений в ОС Linux

### Тема 2.1. Работа с библиотеками кода

*Перечень вопросов для устного опроса:*

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

*Практическое задание:*

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

### Тема 2.2. Системы автоматизации сборки

*Перечень вопросов для устного опроса:*

1. Назначение систем автосборки программных проектов.
2. Набор утилит Autotools.
3. Сборка проектов Autotools.
4. Принципы создания проектов на основе Autotools.
5. Система CMake.
6. Сборка проектов CMake.
7. Принципы создания проектов на основе CMake.
8. Система scons.
9. Сборка проектов scons.
10. Принципы создания проектов на основе scons.

*Практическое задание:*

На сайте sourceforge.net найти проект, подготовленный на основе Autotools. Собрать проект и запустить его на выполнение

**Тема 2.3. Кроссплатформенная библиотека Qt**

*Перечень вопросов для устного опроса:*

1. Назначение проекта Qt.
2. Библиотека и средства разработки Qt.
3. Основные модули Qt.
4. Объектная модель Qt.
5. Механизм сигналов и слотов Qt.
6. Консольная утилита qmake.
7. Файл проекта Qt.
8. Основы использования интегрированной среды разработки Qt.

*Практическое задание:*

На сайте sourceforge.net найти проект, подготовленный на основе CMake. Собрать проект и запустить его на выполнение.

**Тема 2.4. Создание сложных проектов**

*Перечень вопросов для устного опроса:*

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

*Практическое задание:*

На сайте sourceforge.net найти проект, подготовленный на основе CMake. Собрать проект и запустить его на выполнение.

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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

1. Понятие программного пакета дистрибутива Linux.
2. Менеджеры пакетов rpm, deb.
3. Поиск, установка и удаление пакетов rpm.
4. Зависимости пакетов.
5. Создание пакета rpm.
6. Структура spec-файла.
7. Создание пакетов для проектов на основе Autotools.
8. Создание пакетов для проектов на основе CMake.
9. Создание пакетов для проектов на основе Qt.

*Практическое задание:*

1. 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

*Вывод: выполнение заданий по данной дисциплине позволяют оценить сформированность компетенций: ОПК-2 – владением культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий); ОПК-3 – способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности; ПК-5 – способностью создавать программные средства для решения актуальных прикладных задач с использованием ресурсов, доступных в сети Интернет по свободным лицензиям и с открытым исходным кодом.*

### 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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

1. Моделирование случайных величин.
2. Моделирование дискретных случайных величин.
3. Моделирование непрерывных случайных величин.
4. Моделирование некоторых специальных распределений.
5. Моделирование нормального распределения.
6. Многомерный изотропный вектор.
7. Моделирование случайных векторов. Моделирование распределения, равномерного в интервале (0,1).

*Практическое задание:*

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

$$\text{Tr } G_{\alpha\beta}(x, x')$$

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

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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

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

*Практическое задание:*

Построить алгоритм прямого моделирования для интегрального уравнения

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

Оценить следующие величины:

- а)  $I_h = ( , h)$ , где  $h(x) = 1$  при  $|x| \leq 1$  и  $h(x) = 0$  при  $|x| > 1$   
 б) значение  $(0)$ .

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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

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

*Практическое задание:*

Написать алгоритмы моделирования двумерных случайных векторов с плотностями распределения:

- а)  $c x e^{-xy}, 0 \leq x \leq 2, y \geq 0$   
 б)  $c (e^{-|x|} + e^{-|y|}), -1 \leq x, y \leq 1$   
 в)  $c \sqrt{x^2 + y^2}, 0 \leq x, y \leq 1$

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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

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

*Практическое задание:*

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  $\frac{1}{1+x^2}$

*Вывод: выполнение заданий по данной дисциплине позволяют оценить сформированность компетенций: ПК-2 – способностью применять аппарат математической физики при решении задач математического моделирования.*

**Дисциплина 4. Параллельные вычисления**

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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

1. В чем особенности архитектуры UMA и cc-NUMA?



2. Опишите классификацию Флинна.
3. Приведите примеры вычислительных систем класса SISD, SIMD, MISD, MIMD.
4. Какие существуют типы вычислительных систем в зависимости от организации памяти?
5. Перечислите основные виды топологий параллельных вычислительных систем.
6. В чем состоит особенность использования кэш-памяти с точки зрения написания параллельных программ?

*Практические задания:*

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:  $\pi = 4 \left( 1 - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + \dots \right)$ . Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма.
5. Написать параллельную программу для приближенного вычисления числа  $e$ . Указание:  $e = 1 + \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} + \frac{1}{3!} + \dots$ . Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма и различные способы распределения нагрузки между потоками.

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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

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

*Практические задания:*

1. 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
```
2. Смоделировать барьерную синхронизацию потоков (barrier) при помощи критических секций.
3. Смоделировать операцию редукции с использованием разных способов организации взаимного исключения (атомарные операции, критические секции, синхронизация при помощи замков).
4. Написать параллельную программу для нахождения максимального (минимального) значения среди элементов одномерного целочисленного массива. Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма.

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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

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

*Практические задания:*

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

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

2. Написать параллельную программу для вычисления произведения вектора на число и скалярного произведения двух векторов произвольной размерности N. Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма.
3. 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.
4. Написать параллельную программу для вычисления произведения матриц. Рассмотреть различные варианты параллелизации алгоритма.
5. Написать программу, реализующую параллельный вариант решета Эратосфена при помощи метода декомпозиции.

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

*Перечень вопросов для устного опроса:*

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

*Практические задания:*

1. Написать параллельную программу для численного вычисления определенного интеграла:
  - а) методом прямоугольников;
  - б) методом трапеций;
  - в) методом Симпсона;
  - г) методом Монте-Карло.
2. 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.
3. 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.
4. Написать параллельную программу для решения системы линейных алгебраических уравнений методом переменных направлений:
- а) 5-диагональная матрица;
  - б) 7-диагональная матрица.

*Вывод: выполнение заданий по данной дисциплине позволяют оценить сформированность компетенций: ПК-3 – владением современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры; ПК-4 – способностью проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты.*

#### **Перечень вопросов к контрольной работе по дисциплине (модулю)**

1. Основные этапы построения модели.
2. Схема процесса математического моделирования объекта.
3. Основные особенности вычислительного эксперимента.
4. Иерархические цепочки моделей газа: Кинетические уравнения типа уравнения Больцмана.
5. Уравнения Эйлера для сжимаемого газа.
6. Уравнение Лапласа для потенциала.
7. Модели, основанные на применении законов классической механики к каждой частице среды. Уравнения Эйлера для несжимаемой жидкости.
8. Модель Навье-Стокса для сжимаемого газа.
9. Система гидродинамических уравнений для сжимаемого вязкого теплопроводного газа.
10. Модель Навье-Стокса для вязкой несжимаемой жидкости.
11. Философия UNIX. Основные свойства, характерные для программ с открытым исходным кодом.
12. Принципы программирования для UNIX-подобных систем.
13. Статические и динамические библиотеки, их преимущества и недостатки.
14. Создание и подключение статических библиотек в Linux.
15. Создание и подключение динамических библиотек в Linux.
16. Назначение и принципы использования утилиты make.
17. Моделирование случайных величин.
18. Моделирование дискретных случайных величин.
19. Моделирование непрерывных случайных величин.
20. Моделирование некоторых специальных распределений.
21. Моделирование нормального распределения.
22. Многомерный изотропный вектор.
23. Моделирование случайных векторов. Моделирование распределения, равномерного в интервале (0,1).
24. Особенности архитектуры UMA и cc-NUMA.
25. Классификация Флинна.
26. Примеры вычислительных систем класса SISD, SIMD, MISD, MIMD.
27. Типы вычислительных систем в зависимости от организации памяти.
28. Основные виды топологий параллельных вычислительных систем.
29. Особенность использования кэш-памяти с точки зрения написания параллельных программ.

### **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. Теоретические вопросы для кандидатского экзамена приводятся ниже.

#### **Вопросы для подготовки к кандидатскому экзамену по модулю дисциплин, направленных на подготовку к сдаче 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. Обобщённое 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.

$$\text{а) } u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, \pi); \quad t > 0;$$

$$u|_{x=0} = 0; \quad u|_{x=\pi} = 1; \quad u|_{t=0} = \frac{x}{\pi} + 4 \sin 3x;$$

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

$$\text{б) } u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, 1); \quad t > 0;$$

$$u|_{x=0} = 2t; \quad u|_{x=1} = 1 + 2t; \quad u|_{t=0} = x^2;$$

$$u_0(x, t) = x^2 + 2t.$$

$$\text{в) } u_t = \frac{1}{2}u_{xx}; \quad x \in (0, 1); \quad t > 0;$$

$$u_x|_{x=0} = 0; \quad u|_{x=1} = 1 + t; \quad u|_{t=0} = x^2;$$

$$u_0(x, t) = x^2 + t.$$

$$\text{г) } u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, 1); \quad t > 0;$$

$$u_x|_{x=0} = -1; \quad u_x|_{x=1} = 1; \quad u|_{t=0} = x(x-1);$$

$$u_0(x, t) = x^2 - x + 2t.$$

$$\text{д) } u_t = \frac{1}{6}u_{xx}; \quad x \in (0, 2); \quad t > 0;$$

$$u|_{x=0} = 0; \quad u_x|_{x=2} = 12 + t; \quad u|_{t=0} = x^3;$$

$$u_0(x, t) = x^3 + xt.$$

$$\text{ж) } u_t = 4u_{xx}; \quad x \in (0, \pi); \quad t > 0;$$

$$u_x|_{x=0} = 1; \quad u|_{x=\pi} = \pi - e^{-4t}; \quad u|_{t=0} = x + \cos x;$$

$$u_0(x, t) = x + e^{-4t} \cos x.$$

$$\text{з) } u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, 2\pi); \quad t > 0;$$

$$u_x|_{x=0} = 0; \quad u_x|_{x=2\pi} = 0; \quad u|_{t=0} = \sin^2 \frac{x}{2};$$

$$u_0(x, t) = \frac{1}{2}(1 - e^{-t} \cos x).$$

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