

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



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 науки

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

Очная

Сургут, 2020 г.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями:

1) 1) Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению 09.06.01 Информатика и вычислительная техника, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 30.07.2014 г. №875;

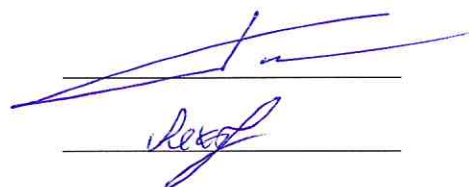
2) Приказа Министерства образования и науки Российской Федерации от 30 апреля 2015 г. №464 «О внесении изменений в федеральные государственные образовательные стандарты высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации)»;

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 Ряховский А.В.



Согласование рабочей программы:

Подразделение (кафедра / библиотека)	Дата согласования	Ф.И.О., подпись нач. подразделения
Кафедра прикладной математики	20.02.2020	Гореликов А.В.
Отдел комплектования и научной обработки документов	20.02.2020	Дмитриева И.И.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры прикладной математики
« 20 » февраля 2020 года, протокол № 2/1.

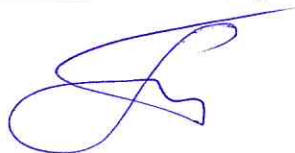
Заведующий кафедрой



к.ф.-м.н., доцент А.В. Гореликов

Программа рассмотрена и одобрена на заседании учебно-методического совета
Политехнического института
« 27 » 03 2020 года, протокол № 2.

Председатель УМС



ст.преподаватель Е.Н.Паук

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ ДИСЦИПЛИН

Целью освоения модуля «Дисциплина/дисциплины (модули), в том числе направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов» является: 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, совершенствование навыков самостоятельной научно-исследовательской работы и развитие у обучающихся личностных качеств.

Модуль состоит из обязательных дисциплин: «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», «Приближенные методы газовой динамики» и дисциплин по выбору аспиранта: «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: ознакомить 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.

Цель преподавания дисциплины «Приближенные методы в газовой динамики»: изучить современные подходы и методы решения задач вычислительной газодинамики; дать обзор уравнений и математических моделей вычислительной газодинамики; познакомить аспиранта с методами и алгоритмами построения сеток; на примерах метода конечных разностей продемонстрировать подходы к построению сеточных аппроксимаций для типичных задач вычислительной газодинамики.

Цель преподавания дисциплины «Стохастические методы в естественных науках»: ознакомить 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. 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 В СТРУКТУРЕ ОПОП ВО

«Дисциплина/дисциплины (модули), в том числе направленные на подготовку к сдаче кандидатских экзаменов» относятся к обязательным дисциплинам и дисциплинам по выбору вариативной части ОПОП ВО аспирантуры.

Преподавание дисциплин модуля осуществляется на 2 году обучения в 3 семестре.

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

Для изучения обязательной дисциплины «Приближенные методы в газовой динамике» необходимо знание основных разделов: численные методы, алгоритмические языки программирования, общего курса физики, уравнений математической физики. Необходим навык самостоятельной реализации численных методов задач математической физики.

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. 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.

Предшествующими для изучения дисциплин модуля являются знания, умения и навыки, приобретенные аспирантами:

- при изучении обязательных дисциплин вариативной части «Методология диссертационного исследования и подготовки научных публикаций», «Педагогика и психология высшей школы»,

- при изучении факультативных дисциплин «Информационные технологии в науке и образовании», «Основы патентоведения»;

- при проведении научных исследований и подготовке научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук.

Последующими к изучению дисциплин модуля являются знания, умения и навыки, используемые аспирантами:

- при изучении дисциплины базовой части «Научно-исследовательский семинар "Научные исследования в области физико-математических наук"»;

- в процессе научно-исследовательской деятельности и подготовке научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата физико-математических наук;

- при прохождении практики по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (научно-исследовательская практика);

- при подготовке к сдаче и сдача государственного экзамена, представлении научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации).

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ МОДУЛЯ ДИСЦИПЛИН

Планируемые результаты обучения по дисциплине, характеризующие этапы формирования компетенций и обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения программы:

общепрофессиональные

ОПК-1 владением методологией теоретических и экспериментальных исследований в области профессиональной деятельности		
Знания	Умения	Навыки (опыт деятельности)
основных понятий математического моделирования; принципов построения математических моделей; основных этапов математического моделирования; методологии математического моделирования и вычислительного эксперимента	применять методы математического моделирования для решения практических задач	методологии математического моделирования и вычислительного эксперимента

ОПК-2 владением культурой научного исследования, в том числе с использованием современных информационно-коммуникационных технологий		
Знания	Умения	Навыки (опыт деятельности)
основ работы с научной литературой, электронно-библиотечными системами, системами научного цитирования; основ 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	анализа предметной области и поиска актуальных и достоверных литературных и программных ресурсов для решения прикладных задач

ОПК-3 способностью к разработке новых методов исследования и их применению в самостоятельной научно-исследовательской деятельности в области профессиональной деятельности		
Знания	Умения	Навыки (опыт деятельности)
основ 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	методики разработки и применения программных средств вычислительного эксперимента

профессиональные

ПК-2 способностью разрабатывать и применять методы математического моделирования, численные методы, комплексы программ для решения фундаментальных и прикладных научно-технических проблем		
Знания	Умения	Навыки (опыт деятельности)
- приложений математической физики к	- применять на практике методы математической	- применения аппарата математической физики при

<p>задачам математического моделирования;</p> <p>- методов построения алгоритмов Монте-Карло для отыскания средних характеристик реальных процессов в естественных науках; истории, методологии и приемов, позволяющих моделировать механические и физические явления; методов моделирования основных моделей физики и механики; условий применения методов современной математической физики и статистической физики</p>	<p>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>решении задач математического моделирования;</p> <p>- методики разработки принципов вычисления средних характеристик их приложениями в естественных науках; работы с современными моделями математической и статистической физики; практического использования методов математической физики и усовершенствования их в зависимости от поставленной научной задачи; применения на практике известных законов механики и физики</p>
---	--	--

<p>ПК-3 владением современными методами и технологиями параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем различной архитектуры</p>		
<p>Знания</p> <p>основных технологий и моделей параллельного программирования</p>	<p>Умения</p> <p>выбирать и использовать современные методы и технологии параллельного программирования для высокопроизводительных вычислительных систем для решения задач математического моделирования</p>	<p>Навыки (опыт деятельности)</p> <p>владения современными технологиями параллельного программирования для вычислительных систем с распределенной или общей оперативной памятью</p>

ПК-4 способностью проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты		
Знания	Умения	Навыки (опыт деятельности)
методов и способов проведения вычислительных экспериментов по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и способов анализа полученных результатов	проводить вычислительные эксперименты по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализировать полученные результаты	проведения вычислительных экспериментов по математическому моделированию с использованием высокопроизводительных вычислительных систем и анализа полученных результатов

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		
Знания	Умения	Навыки (опыт деятельности)
актуальных методов, моделей и алгоритмов 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, научной визуализации, доступные по свободным лицензиям и с открытым исходным кодом.	разработки прикладного программного обеспечения, использующего возможности современных программных библиотек для создания сложных проектов

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ МОДУЛЯ ДИСЦИПЛИН

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

4.2. Содержание разделов.

№ п/п	Разделы (или темы) дисциплины	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)				Коды компетенций	Формы текущего контроля успеваемости. Форма промежуточной аттестации
		Лек	Практ	Лаб.раб	Сам раб.		
	Дисциплина 1 «Математическое						

	моделирование, численные методы и комплексы программ»						
1	Основные понятия математического моделирования.	10	10	-	14	ОПК-1, ПК-2 ПК-4	Устный опрос, защита индивидуального задания, задания для самостоятельной работы
2	Вариационные принципы и иерархия моделей.	11	11	-	15	ОПК-1, ПК-2 ПК-4	Устный опрос, защита индивидуального задания, задания для самостоятельной работы
3	Исследование математических моделей.	11	11	-	15	ОПК-1, ПК-2 ПК-4	Устный опрос, защита индивидуального задания, задания для самостоятельной работы
	<i>Итого: 144 ч.</i>	<i>32</i>	<i>32</i>	<i>-</i>	<i>44</i>		<i>Контрольная работа</i>
	Дисциплина 2 «Приближенные методы газовой динамики»						
1	Обзор современных программных продуктов, доступных по свободной лицензии и с открытым программным кодом, способствующих разработки программного обеспечения для решения задач газовой динамики: OpenFoam, Qt, Git, mathgl.	3	3	-	8	ОПК-2, ОПК-3, ПК-5	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельной работы
2	Элементы газовой динамики	3	3	-	8	ОПК-2, ОПК-3	Устный опрос. Практическое задание, задания

							для самостоятельной работы
3	Некоторые принципы построения разностных схем газовой динамики	3	3	-	8	ОПК-2, ОПК-3	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельной работы
4	Устойчивость разностных схем газовой динамики	3	3	-	8	ОПК-2, ОПК-3,	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельной работы
5	Реализация разностных схем газовой динамики	4	4	-	8	ОПК-2, ОПК-3	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельной работы
	Итого:	16	16	-	40		<i>Контрольная работа</i>
	Дисциплина «Стохастические методы естественных науках»	3				ПК-2	
1	Основные модели естествознания и сопутствующие уравнения механики сплошной среды, приводящие к вычислению интегральных средних величин	4	4	-	10	ПК-2	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельной работы
2	Моделирование переноса кинетических системах	4	4	-	10	ПК-2	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельной работы
3	Генераторы случайных величин с заданным законом распределения. Центральная предельная теорема. Вихрь	4	4	-	10	ПК-2	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельной работы

	Мерсена. Генераторы равномерно распределенных величин на многообразиях.						
4	Закон больших чисел и его применение для вычисления интегральных средних. Методы Монте Карло.	4	4	-	10	ПК-2	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельно й работы
	Итого:	16	16	-	40		<i>Контрольная работа</i>
	Дисциплина 4 «Параллельные вычисления»						
1	Классификация многопроцессорны х вычислительных систем.	4	4	-	10	ПК-3, ПК-4	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельно й работы
2	Основные принципы организации параллельной обработки данных: модели, методы и технологии параллельного программирования	4	4	-	10	ПК-3, ПК-4	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельно й работы
3	Параллельное программирование на системах с общей памятью (OpenMP).	4	4	-	10	ПК-3, ПК-4	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельно й работы
4	Параллельное программирование с использованием интерфейса передачи сообщений MPI	4	4	-	10	ПК-3, ПК-4	Устный опрос. Практическое задание, задания для самостоятельно й работы
	Итого:	16	16	-	40		<i>Контрольная работа</i>
	ВСЕГО:	64	64	-	124		Кандидатский экзамен (контроль 36 часов)

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

(Приложение к рабочей программе модуля: Оценочные средства)

6. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОБУЧЕНИЯ

Методы: подготовка и представление презентаций, аудиторная контрольная работа, участие в научно-исследовательской работе.

Средства: материально-техническое обеспечение, электронно-библиотечные системы, электронная информационно-образовательная среда Университета, лицензионное программное обеспечение.

7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Традиционные образовательные технологии в физико-математических дисциплинах, основой которых являются лекции, практические занятия и лабораторные работы.

8. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДУЛЯ ДИСЦИПЛИН

8.1. Основная литература

Дисциплина 1. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

1. Математическое моделирование [Текст] : Идеи. Методы. Примеры :

[монография] / А. А. Самарский, А. П. Михайлов .— Изд. 2-е, испр. — М. : Физматлит, 2005.

2. Методы вычислительной математики [Текст] : учебное пособие / Г. И. Марчук .— Изд. 4-е, стер. — СПб. : Лань, 2009 .

3. Ахмадиев, Ф. Г. Математическое моделирование и методы оптимизации : учебное пособие / Ф. Г. Ахмадиев, Р. М. Гильфанов. — Казань : Казанский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2017. — 179 с. — ISBN 978-5-7829-0534-7. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/73309.html>

Дисциплина 2. «Приближенные методы газовой динамики»

1. Токарева, С. А. Прикладная газовая динамика. Численные методы решения гиперболических систем уравнений [Электронный ресурс] / Токарева С. А. : учебное пособие. Санкт-Петербург : Лань, 2019. 244 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/118622>. ISBN 978-5-8114-3741-2.

Дисциплина 3. «Стохастические методы в естественных науках»

1. Галкин В.А. Анализ математических моделей: системы законов сохранения, уравнения Больцмана и Смолуховского. М.:БИНОМ. Лаборатория знаний, 2009. – 408 с.

2. Матальцкий, М.А. Теория вероятностей, математическая статистика и случайные процессы [Электронный ресурс]: учеб. пособие / М.А. Матальцкий, Г.А. Хацкевич. – Минск: Выш. шк., 2012. – 720 с.: ил. - Доступ с сайта электронно-библиотечной системы Znaniium.com: - Режим доступа: <http://znaniium.com/catalog.php?bookinfo=508401>.

Дисциплина 4. «Параллельные вычисления»

1. Левин М.П. Параллельное программирование с использованием OpenMP [Электронный ресурс]/ Левин М.П.— Электрон. текстовые данные.— М.: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 133 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/52216.html>.— ЭБС «IPRbooks»

2. Гергель В.П. Теория и практика параллельных вычислений [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Гергель В.П.— Электрон. текстовые данные.— Москва, Саратов: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020.— 500 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/89478.html>.— ЭБС «IPRbooks».

3. Антонов, А. С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI / А. С. Антонов. — 2-е изд. — М. : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016. — 83 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/73704.html>

4. Туральчук, К. А. Параллельное программирование с помощью языка C# / К. А. Туральчук. — 3-е изд. — М. : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Эр Медиа, 2019. — 189 с. — ISBN 978-5-4486-0506-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/79714.html>

8.2.Дополнительная литература

Дисциплина 1. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

1. Численные методы. Основы научных вычислений : Учебник и практикум / В. Е. Зализняк .— 2-е изд., пер. и доп. — Электрон. дан. — Москва : Издательство Юрайт, 2019 .— 356 .— Режим доступа: <https://www.biblio-online.ru>.

2. Численные методы решения задач конвекции-диффузии / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич .— 2-е изд., испр. — М. : Едиториал УРСС, 2003.

3. Магнитные поля в астрофизике [Текст] / Я. Б. Зельдович, А. А. Рuzмайкин, Д. Д. Соколов ; пер. с англ. Е. В. Ивановой ; под ред. Д. Д. Соколова .— М. ; Ижевск : Институт компьютерных исследований : R&C Dynamics., 2006 .

4. Магнитная гидродинамика [Текст] : современное видение проблем : [монография] / И. М. Кирко, Г. Е. Кирко .— М. ; Ижевск : R&C Dynamics : Институт компьютерных исследований, 2009.

5. Вычислительная теплопередача / А. А. Самарский, П. Н. Вабищевич .— Изд. 2-е .— М. : URSS, 2009.

6. Токарева, С. А. Прикладная газовая динамика. Численные методы решения гиперболических систем уравнений [Электронный ресурс] / Токарева С. А. : учебное пособие. Санкт-Петербург : Лань, 2019. 244 с. URL: <https://e.lanbook.com/book/118622>. ISBN 978-5-8114-3741-2.

Дисциплина 2. «Приближенные методы газовой динамики»

1. Марчук, Г. И. Методы вычислительной математики [Электронный ресурс] / Марчук Г. И. 4-е изд., стер. Санкт-Петербург : Лань, 2009. 608 с. URL: http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_cid=25&pl1_id=255. ISBN 978-5-8114-0892-4.

2. Адамар, Ж. Четыре лекции по математике [Электронный ресурс] / Ж. Адамар ; пер. В. В. Шуликовский. Четыре лекции по математике, 2022-10-01. Москва, Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Ижевский институт компьютерных исследований, 2002. 60 с. ISBN 5-93972-185-0.

3. Рашиков, Владимир Иванович. Численные методы решения физических задач [Текст] : учебное пособие / В. И. Рашиков, А. С. Рошаль. СПб. [и др.] : Лань, 2005. 204, [1] с. : ил. ; 20. (Учебники для вузов, Специальная литература) . ISBN 5-8114-0590-1.

Дисциплина 3. «Стохастические методы в естественных науках»

1. Галкин В.А. Уравнение Смолуховского. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2001. – 326 с.
2. Кляцкин В. И. Стохастические уравнения: теория и ее приложения к акустике, гидродинамике и радиофизике : Т.1. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 317 с.
3. Левитов Л.С., Шитов А.В. Функции Грина. Задачи с решениями. – М.: Физматлит, 2003. – 386 с.
4. Алиев, Т. И. Основы моделирования дискретных систем [Электронный ресурс] : Учебное пособие / Т. И. Алиев. Основы моделирования дискретных систем, 2022-10-01. Санкт-Петербург: Университет ИТМО, 2009. 363 с. ISBN 978-5-7577-0336-7.

Дисциплина 4. «Параллельные вычисления»

1. Ряховский А.В. Технологии параллельного программирования : Стандарт OpenMP.— Сургут : Издательский центр СурГУ, 2015 .— 29 с.
2. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии MPI [Электронный ресурс]/ Антонов А.С.— Электрон. текстовые данные.— Москва: Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), 2016.— 83 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/73704.html>.— ЭБС «IPRbooks»
3. Эндрюс, Грегори. Основы многопоточного, параллельного и распределительного программирования / Грегори Р. Эндрюс : [Пер. с англ.]. М. : Вильямс, 2003. 505 с. : ил. ISBN 5-8459-0388-2 : 321,00.

8.2.1. периодические издания (научные журналы)

1. Математическое моделирование : [журнал] / Российская академия наук, Институт прикладной математики им. М.В. Келдыша РАН .— М. : Наука.
2. Информационные технологии и вычислительные системы : [журнал] / учредители: Российская Академия наук; Институт микропроцессорных вычислительных систем РАН .— М. : УРСС.
3. Прикладная математика и механика: журнал / учредители: РАН, ТОО "Журналы по механике" .— М. : Наука.

8.2.2. Электронно-библиотечные системы:

1. Электронно-библиотечная система Znanium. (Базовая коллекция). www.znanium.com - Правообладатель: ООО «Знаниум». Договор №01-17ГК-610 ЭБС от 14.12.2017г., доступ предоставлен с 1.01.2018 г. до 31.12.2019 г. Договор №3873ЭБС/01-19-ГК-382 от 06.08.2019г., доступ предоставлен с 1.01.2020 г. до 31.12.2020 г.
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань». <http://e.lanbook.com/> Правообладатель: ООО «ЭБС Лань». Договор №01-1-7ГК609 от 28.11.2017 г., доступ предоставлен с 1.01.2018 г. до 31.12.2019 г. Договор №01-19-ГК-172 от 06.08.2019 г., доступ предоставлен с 1.01.2020 г. до 31.12.2020 г.

3. Электронно-библиотечная система IPRbooks (Базовая коллекция).
<http://iprbookshop.ru>
Правообладатель: ООО «Ай Пи Эр Медиа».
Контракт №0387200022318000073-0288756-01 от 03.07.2018г., доступ предоставлен с 17.07.2018 - 16.07.2019гг.
Соглашение с №19/33 на предоставление тестового доступа к Базовой версии Электронно-библиотечной системы IPRbooks от 24.09.2019г. доступ предоставлен с 17.07.2019 - 30.09.2020 гг.
Контракт №03872000223190001000001 от 19.09.2019г., доступ предоставлен с 20.09.2019 - 19.09.2020 гг.
4. Консультант студента. «Консультант студента для медицинского вуза» <http://www.studmedlib.ru>
Правообладатель: ООО «Институт проблем управления здравоохранением» (ИПУЗ)»
Договор №514КС/01-2018/01-18ГК-221 от 16.05.2018г. г., доступ предоставлен с 1.11.2018г. до 31.10.2019 г.
Договор №514КС/01-2019/01-19ГК-173 от 06.08.2019г. г., доступ предоставлен с 1.11.2019г. до 31.10.2020 г.
5. Консультант студента. «Электронная библиотека технического ВУЗа» <http://www.studentlibrary.ru>
Правообладатель: ООО «Политехресурс».
Договор №101сл/03-2018/01-18Д-664 от 12.12.2018г., доступ предоставлен с 1.01.2019г. до 31.12.2019 г.
Договор №167сл/07-2019/01-19Д-407 от 09.08.2019г., доступ предоставлен с 1.01.2020 г. до 31.12.2020 г.
6. Электронная библиотечная система «Юрайт» <https://biblio-online.ru/>
Правообладатель: ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ».
Договор №01-18ГК-618 ЭБС от 13.12.2018 г., доступ предоставлен с 1.01.2019 г. до 31.12.2019 г.
Договор №01-19ГК-159 ЭБС от 14.06.2019 г., доступ предоставлен с 1.01.2020 г. до 31.12.2020 г.

8.3. Лицензионное программное обеспечение

Лицензии (лицензионные соглашения) на программное обеспечение (для свободного ПО - GNU General Public License или аналог):

- неисключительные права (лицензия) на неограниченный период на программное обеспечение MATLAB, неисключительные права (лицензия) на неограниченный период на программное обеспечение MathType Windows English Academic договор № 0187200001717001364_260601 от 08.12.2017, неисключительные права (лицензия) на неограниченный период на программное обеспечение Maple 2017 Universities Multi-user Non-Floating договор № 0187200001717001364_260601 от 08.12.2017;

- операционные системы Microsoft, пакет прикладных программ Microsoft Office;

- математическое ПО Mathcad Education, серверная операционная система Windows Server Datacenter, сервер базы данных SQL Svr Standard Core, среда разработки LabView NI Academic Site License договор № 0187200001712001476-0288756-01/12-ГК от 17.12.2012 г. бессрочно

Графические редакторы: Gimp, Inscapе

Математическое ПО: Freemat, Maxima

Средства разработки: Python, Lazarus, Java

8.4. Современные профессиональные базы данных

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

Правообладатель: ООО «Научная электронная библиотека».
Договор № СИО-641/2019/Д-314 от 22.07.2019 г., доступ предоставлен с 28.07.2019 г. до 27.07.2020 г.

2. [Евразийская патентная информационная система \(ЕАПАТИС\)](http://www.eapatis.com) (<http://www.eapatis.com>)

Правообладатель: ФС по интеллектуальной собственности ФГБУ "ФИПС".

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

3. [Национальная электронная библиотека \(НЭБ\) \(нэб.рф\)](#)

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.

4. [Электронная Библиотека Сбербанка http://sberbanklib.ru](http://sberbanklib.ru)

8.5. Международные реферативные базы данных научных изданий

1. Web of Science Core Collection <http://webofknowledge.com> (WoS)

Правообладатель: НП «НЭИКОН»

Контракт №01-18-Д-574 от 18.12.2018г. доступ предоставлен с 1.01.2019-31.12.2019г

Контракт №01-19-Д-661 от 03.12.2019г. доступ предоставлен с 1.01.2020-31.12.2020г.

2. «Scopus» <http://www.scopus.com>

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

Контракт №387200022317000253-0288756-01 от 21.12.2018г. доступ предоставлен с 1.11.2018г. до 31.10.2019 г.

Контракт №03872000223190001730001 от 19.12.2019г. доступ предоставлен с 1.11.2019г. до 31.10.2020 г.

3. Архив научных журналов (NEICON) <http://archive.neicon.ru>

Правообладатель: НП "НЭИКОН". Письмо Исх. № 2014-01/29.

4. [Электронные книги Springer Nature](https://link.springer.com/) <https://link.springer.com/>

Правообладатель: ФГБУ ГПНТБ России/ компания Springer Customer Service Center GmbH

Лицензионный договор № 41/ЕП-2017, доступ бессрочный

5. Springer Journals – полнотекстовая коллекция электронных журналов издательства.

8.6. Информационные справочные системы

[Гарант](#)

Правообладатель: ООО "Гарант - ПРОНет". Договор №1/ГС-2011-53-05-11/с от 01.01.2011 г. доступ предоставлен бессрочно.

[КонсультантПлюс](#)

Правообладатель: ООО "Информационное агентство "Информбюро".
Договор об информационной поддержке РДД-10/2019/д18/44 от 18.11.2018 г., доступ предоставлен с 1.01.2019 г. до 31.12.2024 г.

8.7. Интернет-ресурсы

1. Министерство образования и науки РФ [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://mon.gov.ru>

2. Федеральное агентство по образованию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ed.gov.ru>

3. Федеральное агентство по науке и образованию [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fasi.gov.ru>
4. Федеральный портал «Российское образование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.edu.ru>
5. Федеральная служба по интеллектуальной собственности, патентам и товарным знакам [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www1.fips.ru/wps/wcm/connect/content_ru/ru
7. Российский образовательный правовой портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.law.edu.ru>
8. Федеральная служба по надзору в сфере образования и науки [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://old.obrnadzor.gov.ru>
9. Информационно-правовой портал «Гарант» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.garant.ru>
10. Федеральный справочник «Образование в России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://federalbook.ru/projects/fso/fso.html>
11. Российский общеобразовательный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.school.edu.ru>
12. Российский портал открытого образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.openet.edu.ru>
13. Портал «Социально-гуманитарное и политологическое образование» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.humanities.edu.ru>
14. Информационно-образовательный портал «Гуманитарные науки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.auditorium.ru>
15. Естественно-научный образовательный портал [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.en.edu.ru>
16. Портал по информационно-коммуникационным технологиям в образовании [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ict.edu.ru>
17. Портал Федерального Интернет-экзамена в сфере профессионального образования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.fepo.ru>
18. Педагогическая библиотека [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://pedagogic.ru>
19. «Учительская газета» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.ug.ru>
20. Издательский дом «Первое сентября» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://1september.ru>
21. Журнал «Педагогика» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.pedpro.ru>
22. Научно-методический журнал «Информатизация образования и науки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.informika.ru/about/informatization_pub/about/276
23. Научно-педагогический журнал Министерства образования и науки РФ «Высшее образование в России» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vovr.ru>
24. Журнал «Высшее образование сегодня» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.hetoday.org>

8.4. Методические материалы

Дисциплина 1. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

1. Методические указания по работе в интегрированной среде Quick BASIC / Мин-во связи РФ; Московский тех. ун-т связи и информатики. М., 1997. 33с. : 1-00.

Дисциплина 2. «Приближенные методы газовой динамики»

1. Выполнение графических работ на ПЭВМ с использованием системы PCAD. Ч. 1. Первоначальные сведения по работе с графическим редактором PC-CAPS / Мин-во связи РФ; Московский тех. ун-т связи и информатики. М., 1997. 31с. : 1-00.

Дисциплина 3. «Стохастические методы в естественных науках»

1. Методические указания по применению системных функций в СИ-программах / Мин-во связи РФ; Московский тех. ун-т по связи и информатики. М., 1997. 15с. : 0-80.

Дисциплина 4. «Параллельные вычисления»

1. Параллельные вычисления и параллельное программирование : Методические указания / Гос. ком. РФ по связи и информатизации; Московский тех. ун-т связи и информатики. М., 1997. 17с.

9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МОДУЛЯ ДИСЦИПЛИН

1) для проведения занятий лекционного типа

Дисциплина 1. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Учебная аудитория №701, оснащенная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: меловая доска, мобильный проекционный экран, проектор, компьютер.

Дисциплина 2. «Приближенные методы газовой динамики»

Учебная аудитория №701, оснащенная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: меловая доска, мобильный проекционный экран, проектор, компьютер.

Дисциплина 3. «Стохастические методы в естественных науках»

Учебная аудитория №701, оснащенная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: меловая доска, мобильный проекционный экран, проектор, компьютер.

Дисциплина 4. «Параллельные вычисления»

Учебная аудитория №701, оснащенная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: меловая доска, мобильный проекционный экран, проектор, компьютер.

2) для проведения занятий семинарского типа

Дисциплина 1. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

Учебная аудитория №701, оснащенная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: меловая доска, мобильный проекционный экран, проектор, компьютер.

Дисциплина 2. «Приближенные методы газовой динамики»

Учебная аудитория №701, оснащенная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: меловая доска, мобильный проекционный экран, проектор, компьютер.

Дисциплина 3. «Стохастические методы в естественных науках»

Учебная аудитория №701, оснащенная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: меловая доска, мобильный проекционный экран, проектор, компьютер.

Дисциплина 4. «Параллельные вычисления»

Учебная аудитория №701, оснащенная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: меловая доска, мобильный проекционный экран, проектор, компьютер.

3) для проведения групповых и индивидуальных консультаций

Учебная аудитория №704, оснащенная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: меловая доска, мобильный проекционный экран, проектор, компьютер.

г) для текущего контроля и промежуточной аттестации

Учебная аудитория №701, оснащенная специализированной мебелью и техническими средствами обучения: меловая доска, мобильный проекционный экран, проектор, компьютер.

д) для самостоятельной работы

Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационную образовательную среду СурГУ:

№ п/п	Местонахождение	Название зала
1.	442	Зал естественно-научной и технической литературы

е) для хранения и профилактического обслуживания оборудования

Аудитория 210 по адресу г. Сургут, ул. Энергетиков, 22.

Аудитории 528, 529 по адресу г. Сургут, пр. Ленина, д. 1.

10. ОСОБЕННОСТИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ 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 образовательных программ и методов обучения и воспитания,

- использование специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов,

- использование специальных технических средств обучения коллективного и

индивидуального пользования,

- предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь,
- проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий,
- обеспечение доступа в здания организаций и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение программы аспирантуры.

В целях доступности получения высшего образования по программам аспирантуры инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается:

1) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
наличие альтернативной версии официального сайта организации в сети "Интернет" для слабовидящих;

размещение в доступных для обучающихся, являющихся слепыми или слабовидящими, местах и в адаптированной форме (с учетом их особых потребностей) справочной информации о расписании учебных занятий (информация должна быть выполнена крупным рельефно-контрастным шрифтом (на белом или желтом фоне) и продублирована шрифтом Брайля);

присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;

обеспечение выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-поводыря, к зданию организации;

2) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху:

дублирование звуковой справочной информации о расписании учебных занятий визуальной (установка мониторов с возможностью трансляции субтитров (мониторы, их размеры и количество необходимо определять с учетом размеров помещения));

обеспечение надлежащими звуковыми средствами воспроизведения информации;

3) для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия обеспечивают возможность 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).

При получении высшего образования по программам аспирантуры обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются бесплатно специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

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

ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА

Приложение к рабочей программе по модулю дисциплин

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

Направление подготовки

09.06.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность программы

Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ

Отрасль науки

Физико-математические науки

Квалификация

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения

очная

Сургут, 2020 г.

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

Проведение текущего контроля успеваемости по модулю дисциплин

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 электропечь 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 $\phi(x) = x^2$. 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.

Задания для самостоятельной работы:

1. Определите, как себя должна вести при больших t величина $r(t) = \alpha(t) - \beta(t) > 0$ в модели Мальтуса:

$$\frac{dN(t)}{dt} = (\alpha(t) - \beta(t))N(t),$$

чтобы численность популяции $N(t)$ была ограниченной?

2. Определить точки устойчивого и неустойчивого равновесия в модели конкурирующих видов в зависимости от параметров модели:

$$\begin{cases} \frac{dN_1}{dt} = N_1(r_1 - b_{11}N_1 - b_{12}N_2) \\ \frac{dN_2}{dt} = N_2(r_2 - b_{21}N_1 - b_{22}N_2) \end{cases}$$

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ОПК-1 (знания, умения)

ПК-2 (знания, умения)

ПК-4 (знания, умения).

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 $u(r, \phi)$ внутри бесконечного цилиндра радиуса R , если на его поверхности поддерживается температура

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

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 $\phi(x) = x^2$. 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 теплопроводности 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 $u(r, \phi)$ внутри единичного круга при условии, что $u|_{r=1} = \cos^2 \phi$.

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

Задания для самостоятельной работы:

1. Показать, что использование принципа Гамильтона для вывода уравнения движения материальной точки в потенциальном поле силы приводит к тому же результату, что и использование законов Ньютона.

2. Решить задачу о брахистохроне (кривой наискорейшего спуска): найти плоскую кривую, скользя вдоль которой под действием силы тяжести, тяжелая точка достигает заданного положения за наименьшее время. Показать, что решением задачи является циклоида.

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ОПК-1 (знания, навыки (опыт деятельности))

ПК-2 (знания, навыки (опыт деятельности))

ПК-4 (знания, навыки (опыт деятельности)).

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 $\phi(x) = \sin x$. 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 $u(r, \phi)$ внутри единичного круга при условии, что $u|_{r=1} = \cos^4 \phi$.

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 $\phi(x) = \sin x$. 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 $u(x, t)$.

Задания для самостоятельной работы:

1. Разлагая функцию $u(x)$ по формуле Тейлора в окрестности точки x и удерживая достаточное число членов, показать, что разностная производная

$$u_{\bar{x}x} = \frac{u(x+h) - 2u(x) + u(x-h)}{h^2},$$

приближает вторую производную функции $u(x)$ со вторым порядком.

2. Проверьте прямой подстановкой, что задача на собственные значения

$$X_{\bar{x}x} + \lambda X = 0, 0 < x < 1, X(0) = X(1), X(x) \neq 0,$$

имеет нетривиальные решения вида $X^{(k)} = \sqrt{2} \sin \pi k x$.

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ОПК-1 (знания, навыки (опыт деятельности))

ПК-2 (знания, умения)

ПК-4 (знания, навыки (опыт деятельности)).

Дисциплина 2. Приближенные методы газовой динамики

Тема 2.1. Обзор современных программных продуктов, доступных по свободной лицензии и с открытым программным кодом, способствующих разработки программного обеспечения для решения задач газовой динамики: OpenFoam, Qt, Git, mathgl.

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. Назначение проекта Qt. Библиотека и средства разработки Qt.
4. Библиотека для научных расчётов GSL (GNU Scientific Library).
5. Библиотека для научной визуализации MathGL.
6. Платформа для численного моделирования задач механики сплошной среды OpenFoam.
7. Назначение систем контроля версий. Система Git.

Практическое задание:

Написать программу на языке C, реализующую численное решение задачи Неймана для уравнения Лапласа, состоящую из двух и более исходных файлов, используя среду разработки Qt. 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. Результаты расчетов визуализировать с помощью библиотеки MathGl.
3. Сравнить полученные результаты расчетов с результатами работы OpenFoam.

Задания для самостоятельной работы:

1. Применить библиотеку GSL в своем программном коде.
2. Выложить проект в Git.

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ОПК-2 (знания, навыки (опыт деятельности))

ОПК-3 (знания, навыки (опыт деятельности))

ПК-5 (знания, навыки (опыт деятельности))

Тема 2.2. Элементы газовой динамики

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Математическая модель газовой динамики.
2. Интегральная форма уравнений газовой динамики.
3. Уравнения газовой динамики в дифференциальной форме.
4. Гиперболичность системы одномерных нестационарных уравнений газовой динамики.
5. Разрывные решения.
6. Структура фронта ударной волны.
7. Задача о поршне.
8. Распад произвольного разрыва.

Практическое задание:

Получить решение следующей задачи: Пушка расположена в точке $x_0=0$, $z_0>0$, в момент $t=0$ стреляет ядром – шаром калибра $d=2r$ и массой m – под углом вылета α к горизонту с начальной скоростью V_0 , при этом снаряд испытывает действие силы тяжести и сопротивления среды.

Задания для самостоятельной работы:

Получить аналитическое решение задачи, когда сила сопротивления среды равна нулю, сравнить с численными результатами.

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ОПК-2 (знания, навыки (опыт деятельности))

ОПК-3 (знания, навыки (опыт деятельности))

Тема 2.3. Некоторые принципы построения разностных схем газовой динамики

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Основные понятия и обозначения теории разностных схем.
2. Анализ некоторых разностных схем газовой динамики. Понятие консервативности схемы.
3. Полностью консервативные разностные схемы.

4. Однородные разностные схемы. Искусственная вязкость.
5. Результаты численных расчетов.
6. Разностные схемы для уравнения теплопроводности.

Практическое задание:

Решить уравнение переноса волны со скоростью 1 с помощью трех разностных схем: «чехарда», Лейза, Кранка-Николсона. Начальное условие задавать в виде прямоугольного импульса, треугольного импульса, гладкого импульса.

Задания для самостоятельной работы:

Сравнить результаты расчетов по трем разностным схемам между собой и со схемой «upwind»

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ОПК-2 (знания, навыки (опыт деятельности))

ОПК-3 (знания, навыки (опыт деятельности))

Тема 2.4. Устойчивость разностных схем газовой динамики

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Понятие устойчивости разностной схемы.
2. Устойчивость разностных схем для уравнения переноса. Спектральный метод и принцип максимума.
3. Энергетический метод исследования устойчивости разностных схем.
4. Устойчивость схем для системы двух уравнений первого порядка.
5. Влияние вязкости на устойчивость разностных схем.
6. Устойчивость разностных схем для уравнения теплопроводности.

Практическое задание:

Исследовать методом Неймана устойчивость симметричной явной разностной схемы для уравнения конвективной теплопроводности $u_t + Vu_x = ku_{xx}$

Задания для самостоятельной работы:

Исследовать методом Неймана устойчивость разностной схемы для уравнения конвективной теплопроводности, явной по конвекции, но не явной по диффузии $u_t + Vu_x = ku_{xx}$

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ОПК-2 (знания, навыки (опыт деятельности))

ОПК-3 (знания, навыки (опыт деятельности))

Тема 2.5. Реализация разностных схем газовой динамики

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Явные методы.
2. Метод Ньютона. Метод прогонки.
3. Применение метода Ньютона к решению разностных уравнений газовой динамики.
4. Метод отдельных прогонок.
5. Граничные условия.
6. Практические рекомендации.

Практическое задание:

Решить нестационарную задачу теплопроводности с заданным источником тепла на отрезке, с однородными начальным условием и граничными условиями первого рода по разностной схеме Кранка-Николсона.

Задания для самостоятельной работы:

Решить эту же задачу по разностной схеме Дюффорта-Франкеля, по чисто неявной схеме и сравнить результаты между собой и с результатами по схеме Кранка-Николсона.

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ОПК-2 (знания, навыки (опыт деятельности))

ОПК-3 (знания, навыки (опыт деятельности))

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 .

Задания для самостоятельной работы:

Пусть однородная цепь Маркова с конечным числом состояний задана начальным распределением и переходной матрицей. Задайте эту цепь через обобщенную плотность начального распределения и обобщенную переходную плотность.

Вывод: устный опрос, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующей компетенции:

ПК-2 (знания, умения, навыки (опыт деятельности)).

Тема 3.2. Моделирование переноса в кинетических системах

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Функция Грина в задачах естествознания.
2. Законы сохранения.
3. Обобщенное 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

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

Оценить следующие величины:

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

Задания для самостоятельной работы:

Опишите алгоритм моделирования марковской цепи, заданной начальным распределением

$$\text{а) } p_0(x) = \frac{1}{2\sqrt{\pi}} e^{-(x-2)^2/4} \quad \text{и} \quad p(x \rightarrow y) = \frac{1}{2\sqrt{2\pi}} e^{-(x-y)^2/8},$$

$$\text{б) } p_0(x) = \begin{cases} 2x, & x \in (0, 1), \\ 0, & x \notin (0, 1) \end{cases} \quad \text{и} \quad p(x \rightarrow y) = \begin{cases} \frac{1}{y} e^{-xy}, & x > 0, \\ 0, & x \leq 0. \end{cases}$$

Опишите 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 $\frac{1}{1+x^2}$.

Пусть случайная величина ζ задана в виде

$$\text{а) } \zeta = \frac{\alpha}{1+\alpha}, \quad \text{б) } \zeta = \operatorname{ctg} \alpha, \quad \text{в) } \zeta = \frac{1}{\sqrt[3]{\alpha}},$$

где α — равномерно распределённая на $[0, 1]$ случайная величина. Каков порядок сходимости по вероятности среднего арифметического независимых реализаций ζ к $M\zeta$?

Вывод: устный опрос, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующей компетенции:

ПК-2 (знания, умения, навыки (опыт деятельности)).

Тема 3.3. Генераторы случайных величин с заданным законом распределения. Центральная предельная теорема. Вихрь Мерсена. Генераторы равномерно распределённых 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:

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

Задания для самостоятельной работы:

1. Написать формулы стандартного метода моделирования для случайных величин с плотностями распределения:

A) $c e^{-\sigma x}, \quad 0 \leq x \leq a, \quad \sigma > 0;$

Б) $c(x+1)^{0.75}, \quad 0 \leq x \leq 1;$

В) $c |\sin x|, \quad -\frac{\pi}{2} \leq x \leq \frac{\pi}{2};$

2. Система многомерных тестов для проверки качества псевдослучайных чисел.

Вывод: устный опрос, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующей компетенции:

ПК-2 (знания, умения, навыки (опыт деятельности)).

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:

- a) 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 $\frac{1}{1+x^2}$

Задания для самостоятельной работы:

Расчет надежности изделия, состоящего из значительного числа элементов, для которых в результате эксперимента удалось достаточно точно построить распределение времени безотказной работы.

Вывод: устный опрос, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующей компетенции:

ПК-2 (знания, умения, навыки (опыт деятельности)).

Дисциплина 4. Параллельные вычисления

Тема 4.1. Классификация многопроцессорных вычислительных систем.

Перечень вопросов для устного опроса:

1. В чем особенности архитектура 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 π . 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.

Задания для самостоятельной работы:

1. Разобрать различные способы параллелизации вычисления произведения матрицы на вектор. Оценить сложность каждого из вариантов.
2. Оценить число операций при решении системы линейных уравнений при помощи метода Гаусса и правила Крамера. Какова будет сложность алгоритма, если матрица системы имеет нижний треугольный вид?

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ПК-3 (знания, навыки (опыт деятельности))

ПК-4 (знания, умения).

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.

Задания для самостоятельной работы:

1. Используя закон Амдала, найти к чему стремится ускорение программы, если число ядер неограниченно возрастает? Возможно ли в законе Амдала получить бесконечное ускорение?
2. Изучить закон Густавсона-Барсиса. В чем его отличие от закона Амдала?

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ПК-3 (знания, умения)

ПК-4 (знания, навыки (опыт деятельности)).

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.

Задания для самостоятельной работы:

1. Получить данные о стандарте OpenMP, который поддерживает используемый вами компилятор. Каков номер стандарта? Каковы значения переменных окружения по умолчанию? Какое максимальное число потоков может быть создано на вашей системе?
2. Смоделировать барьерную синхронизацию при помощи замков.

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций:

ПК-3 (знания, умения)

ПК-4 (знания, умения).

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.

Задания для самостоятельной работы:

1. Получить данные о стандарте MPI, который реализован в используемой вами библиотеке. Каков номер стандарта? Каков максимальный размер пересылаемого сообщения в данной реализации MPI?
2. Написать программу, реализующую каскадную схему для суммирования элементов массива.

Вывод: устный опрос, защита индивидуального задания, выполнение заданий для самостоятельной работы позволяют оценить сформированность следующих компетенций: ПК-3 (знания, навыки (опыт деятельности))
ПК-4 (знания, навыки (опыт деятельности)).

Контрольная работа проводится в виде итогового теста по всему учебному материалу дисциплин:

Задание для контрольной работы

Дисциплина 1 «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ»

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.

Дисциплина 2 «Приближенные методы газовой динамики»

1. Философия UNIX. Основные свойства, характерные для программ с открытым исходным кодом.
2. Принципы программирования для UNIX-подобных систем.
3. Математическая модель газовой динамики.
4. Уравнения газовой динамики в дифференциальной форме.
5. Полностью консервативные разностные схемы.
6. Энергетический метод исследования устойчивости разностных схем.

Дисциплина 3 «Стохастические методы в естественных науках»

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).

Дисциплина 4 «Параллельные вычисления»

1. Особенности архитектуры UMA и cc-NUMA. Классификация Флинна. Примеры вычислительных систем класса SISD, SIMD, MISD, MIMD. Типы вычислительных систем в зависимости от организации памяти.
2. Основы стандарта OpenMP. Оформление и компиляция программы. Модель памяти OpenMP.
3. Директивы OpenMP для распределения работы.
4. Функции и переменные окружения OpenMP.
5. Основные функции MPI для организации пересылки сообщений.
6. Функции MPI для глобальных коммуникаций.
7. Анализ производительности параллельных программ. Закон Амдала.

Проведение промежуточной аттестации

Формой промежуточной аттестации освоения дисциплины является экзамен. Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются по 4-балльной шкале с оценками:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Планируемые результаты обучения	Оценка	Критерии оценивания
Знания (п.3 РПД)	Отлично	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.
	Хорошо	Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.

	Удовлетворительно	Допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами.
	Неудовлетворительно	Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний.
Умения (п.3 РПД)	Отлично	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.
	Хорошо	Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.
	Удовлетворительно	Допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами.
	Неудовлетворительно	Материал излагается непоследовательно, сбивчиво, не представляет определенной системы знаний.
Навыки (опыт деятельности) (п.3 РПД)	Отлично	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.
	Хорошо	Ответы на поставленные вопросы излагаются систематизировано и последовательно. Материал излагается уверенно. Демонстрируется умение анализировать материал, однако не все выводы носят аргументированный и доказательный характер.
	Удовлетворительно	Допускаются нарушения в последовательности изложения. Демонстрируются поверхностные знания вопроса. Имеются затруднения с выводами.
	Неудовлетворительно	Материал излагается непоследовательно,

		сбивчиво, не представляет определенной системы знаний.
--	--	--

Вопросы для подготовки к кандидатскому экзамену по модулю дисциплин

1. Основные этапы построения модели.
2. Схема процесса математического моделирования объекта.
3. Основные особенности вычислительного эксперимента.
4. Иерархические цепочки моделей газа:
5. Понятия: 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. Назначение проекта Qt. Библиотека и средства разработки Qt.
19. Библиотека для научных расчётов GSL (GNU Scientific Library).
20. Библиотека для научной визуализации MathGL.
21. Платформа для численного моделирования задач механики сплошной среды OpenFoam
22. Математическая модель газовой динамики.
23. Интегральная форма уравнений газовой динамики.
24. Уравнения газовой динамики в дифференциальной форме.
25. Устойчивость разностных схем для уравнения переноса. Спектральный метод и принцип максимума.
26. Энергетический метод исследования устойчивости разностных схем.
27. Влияние вязкости на устойчивость разностных схем.
28. Явные методы газовой динамики.
29. Применение метода Ньютона к решению разностных уравнений газовой динамики
30. Моделирование случайных величин
31. Моделирование дискретных случайных величин.
32. Моделирование непрерывных случайных величин.
33. Моделирование некоторых специальных распределений.
34. Моделирование нормального распределения.
35. Многомерный изотропный вектор.
36. Моделирование случайных векторов.
37. Моделирование распределения, равномерного в интервале (0,1).
38. Центральная предельная теорема. Вихрь Мерсена.
39. Генераторы равномерно распределенных величин на многообразиях.
40. Закон больших чисел и его применение для вычисления интегральных средних.
41. Моделирование случайных процессов и общая схема метода Монте Карло. Обобщенные плотности.

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

- а) $u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, \pi); \quad t > 0;$
 $u|_{x=0} = 0; \quad u|_{x=\pi} = 1; \quad u|_{t=0} = \frac{x}{\pi} + 4\sin 3x;$
 $u_0(x, t) = \frac{x}{\pi} + 4e^{-9t}\sin 3x.$
- б) $u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, 1); \quad t > 0;$
 $u|_{x=0} = 2t; \quad u|_{x=1} = 1 + 2t; \quad u|_{t=0} = x^2;$
 $u_0(x, t) = x^2 + 2t.$
- в) $u_t = \frac{1}{2}u_{xx}; \quad x \in (0, 1); \quad t > 0;$
 $u_x|_{x=0} = 0; \quad u|_{x=1} = 1 + t; \quad u|_{t=0} = x^2;$
 $u_0(x, t) = x^2 + t.$
- г) $u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, 1); \quad t > 0;$
 $u_x|_{x=0} = -1; \quad u_x|_{x=1} = 1; \quad u|_{t=0} = x(x - 1);$
 $u_0(x, t) = x^2 - x + 2t.$
- д) $u_t = \frac{1}{6}u_{xx}; \quad x \in (0, 2); \quad t > 0;$
 $u|_{x=0} = 0; \quad u_x|_{x=2} = 12 + t; \quad u|_{t=0} = x^3;$
 $u_0(x, t) = x^3 + xt.$
- ж) $u_t = 4u_{xx}; \quad x \in (0, \pi); \quad t > 0;$
 $u_x|_{x=0} = 1; \quad u|_{x=\pi} = \pi - e^{-4t}; \quad u|_{t=0} = x + \cos x;$
 $u_0(x, t) = x + e^{-4t}\cos x.$
- з) $u_t = u_{xx}; \quad x \in (0, 2\pi); \quad t > 0;$
 $u_x|_{x=0} = 0; \quad u_x|_{x=2\pi} = 0; \quad u|_{t=0} = \sin^2 \frac{x}{2};$
 $u_0(x, t) = \frac{1}{2}(1 - e^{-t}\cos x).$

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) $\Delta u = 0; \quad x \in (0, 1); \quad y \in (0, 1);$
 $(u_x - u)|_{x=0} = 1; \quad u_x|_{x=1} = y + 1;$
 $(u_y - u)|_{y=0} = 1; \quad u|_{y=1} = 2x + 1;$

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

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

Этап: проведение текущего контроля успеваемости по модулю дисциплин

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».

Методические рекомендации по проведению основных видов учебных занятий

При изучении дисциплины используются следующие основные методы и средства обучения, направленные на повышение качества подготовки аспирантов путем развития у аспирантов творческих способностей и самостоятельности:

- Контекстное обучение – мотивация аспирантов к усвоению знаний путем выявления связей между конкретными знаниями и его применением.
- Проблемное обучение – стимулирование аспирантов к самостоятельному приобретению знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.
- Обучение на основе опыта – активизация познавательной деятельности аспиранта за счет ассоциации и собственного опыта с предметом изучения.
- Индивидуальное обучение – выстраивание аспирантами собственной образовательной траектории на основе формирования индивидуальной программы с учетом интересов аспирантов.

Междисциплинарное обучение – использование знаний из разных областей, их группировка и концентрация в контексте решаемой задачи.

Лекции являются одним из основных методов обучения по дисциплинам, направленным на подготовку к кандидатскому экзамену, которые должны решать следующие задачи:

- изложить основной материал программы курса;
- развить у аспирантов потребность к самостоятельной работе над учебником и научной литературой.

Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее основных положений. Содержание лекций определяется рабочей программой курса. Привлечение графического и табличного материала на лекции позволит более объемно изложить материал.

Целью *практических занятий* является:

- закрепление теоретического материала, рассмотренного аспирантами самостоятельно;
- проверка уровня понимания аспирантами вопросов, рассмотренных самостоятельно по учебной литературе, степени и качества усвоения материала аспирантами;
- восполнение пробелов в пройденной теоретической части курса и оказание помощи в его усвоении.

В начале очередного занятия необходимо сформулировать цель, поставить задачи. Аспиранты выполняют задания, а преподаватель контролирует ход их выполнения путем устного опроса, проверки практических заданий.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы аспирантов

Целью самостоятельной работы аспирантов является формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий.

Методические рекомендации призваны помочь аспирантам организовать самостоятельную работу при изучении курса: с материалами лекций, практических, литературы по вопросам физико-математических наук.

Задачами СРС являются:

- систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений;
- углубление и расширение теоретических знаний;
- формирование умений использовать нормативную, правовую, справочную документацию и специальную литературу;
- развитие познавательных способностей и активности: творческой инициативы, самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирование самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию и самореализации;
- развитие исследовательских умений;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий на практических занятиях, для эффективной подготовки к зачетам и экзаменам.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется аспирантом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия.

Основными видами самостоятельной работы аспиранта без участия преподавателя являются:

– формирование и усвоение содержания конспекта лекций на базе рекомендованной лектором учебной литературы, включая информационные образовательные ресурсы (электронные учебники, электронные библиотеки и др.);

– составление аннотированного списка статей из соответствующих журналов по темам занятий;

– выполнение домашних заданий в виде решения отдельных задач, проведения типовых расчетов и индивидуальных работ по отдельным разделам содержания дисциплин и т.д.

Самостоятельная работа аспирантов осуществляется в следующих *формах*:

- подготовка к практическим занятиям,

- изучение дополнительной литературы и подготовка ответов на вопросы для самостоятельного изучения.

Самостоятельная работа аспирантов должна опираться на сформированные навыки и умения, приобретенные во время прохождения других курсов. Составляющим компонентом его работы должно стать творчество. В связи с этим рекомендуется:

1. Начинать подготовку к занятию со знакомства с опубликованными законодательно-правовыми документами.

2. Обратит внимание на структуру, композицию, язык документа, время и историю его появления.

3. Определить основные идеи, принципы, тезисы, заложенные в документ.

4. Выяснить, какой сюжет, часть изучаемой проблемы позволяет осветить проанализированный источник.

5. Провести работу с неизвестными терминами и понятиями, для чего использовать словари терминов, энциклопедические словари, словари иностранных слов и др.

Затем необходимо ознакомиться с библиографией темы и вопроса, выбрать доступные Вам издания из списка основной литературы, специальной литературы, рекомендованной к лекциям и практическим занятиям. Рекомендованные списки могут быть дополнены.

Используйте справочную литературу. Поиск можно продолжить, изучив примечания и сноски в уже имеющихся у Вас в руках монографиях, статьях.

Рекомендации по оцениванию устного опроса

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

– содержание раскрывает тему задания;

- материал изложен логически последовательно;

- убедительно доказана практическая значимость.

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

Рекомендации по оцениванию индивидуального задания

Оценки **«аттестован»** заслуживает обучающийся, который предоставил решение индивидуального задания, ясно и корректно объяснил этапы решения и правильно ответил на дополнительные вопросы.

Оценки **«не аттестован»** заслуживает обучающийся, который не предоставил решение индивидуального задания или не смог ответить на дополнительные вопросы.

Рекомендации по проведению контрольной работы

- 1) готовясь к контрольной работе аспирант должен выполнить все практические задания, задаваемые во время проведения занятий и прояснить вместе с преподавателем все непонятные вопросы;
- 2) во время выполнения контрольной работы, аспирант получает задание, состоящее из нескольких отдельных вопросов и рассчитанное на два часа учебного времени.

Критерии оценивания контрольной работы

Оценки «*аттестован*» заслуживает обучающийся, выполнивший не менее 50% заданий.
Оценки не «*аттестован*» заслуживает обучающийся, выполнивший менее 50% заданий.

Этап: проведение промежуточной аттестации по модулю дисциплин

Методические рекомендации по подготовке к кандидатскому экзамену

Организация и проведение кандидатских экзаменов в СурГУ регламентируется следующими документами:

- Постановлением Правительства Российской Федерации от 24.09.2013 г. №842 «О порядке присуждения ученых степеней»,
- Приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28.03.2014 г. №247 «Порядок прикрепления лиц для сдачи кандидатских экзаменов, сдачи кандидатских экзаменов и их перечень»;
- Письмом Министерства образования и науки Российской Федерации от 28 октября 2014 г. №13-4139 «О подтверждении результатов кандидатских экзаменов»,
- СТО-2.12.11 «Порядок проведения кандидатских экзаменов».

Кандидатские экзамены являются формой промежуточной аттестации аспирантов и лиц, прикрепленных для сдачи кандидатских экзаменов (экстернов) без освоения основных профессиональных образовательных программ высшего образования подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, их сдача обязательна для присуждения ученой степени кандидата наук.

Цель кандидатского экзамена по специальности 05.13.18 Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ состоит в проверке приобретенных аспирантами и соискателями ученой степени кандидата наук знаний, касающихся проблем разработки и адаптации математических моделей, методов математического моделирования, численных методов, разработки прикладного программного обеспечения, вычислительного эксперимента. Экзамен также ставит целью установить глубину профессиональных знаний соискателя ученой степени кандидата экономических наук, уровень подготовленности к самостоятельной научно-исследовательской работе.

К экзамену допускаются аспиранты и соискатели, не имеющие задолженности по дисциплинам учебного плана на момент сдачи экзамена.

Аспирант, не сдавший кандидатский экзамен по специальности, не считается завершившим обучение в аспирантуре.

Экзамен по специальности включает обсуждение двух теоретических вопросов в соответствии с программой кандидатского экзамена, утверждённой проректором по УМР СурГУ, в соответствии с «Порядком проведения кандидатского экзамена» (СТО-2.12.11), принятого Ученом Советом СурГУ 21 сентября 2017 года, протокол № 7.

Для успешной сдачи экзамена аспиранту необходимо выполнить несколько требований:

- 1) регулярно посещать аудиторные занятия по дисциплине; пропуск занятий не допускается без уважительной причины;

2) в случае пропуска занятия аспирант должен быть готов ответить на экзамене на вопросы преподавателя, взятые из пропущенной темы;

3) аспирант должен точно в срок сдавать письменные работы на проверку и к следующему занятию удостовериться, что они зачтены;

4) готовясь к очередному занятию по дисциплине, аспирант должен прочитать соответствующие разделы в учебниках, учебных пособиях, монографиях и пр., рекомендованных преподавателем в программе дисциплины, и быть готовым продемонстрировать свои знания; каждое участие аспиранта в обсуждении материала на практических занятиях отмечается преподавателем и учитывается при ответе на экзамене.

Критерии оценки кандидатского экзамена

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

Экзаменуемый получает оценку «отлично», если он успешно справляется со всеми заданиями, предложенными в билете; демонстрирует отличное знание теоретического материала; хорошо ориентируется в положениях своего научного исследования.

В случае наличия небольших несоответствий при изложении теоретического материала экзаменуемый получает оценку «хорошо». Экзаменуемый должен хорошо ориентироваться в основных положениях своего научного исследования.

При недостаточной адекватности раскрытия теоретических вопросов ответ экзаменуемого оценивается отметкой «удовлетворительно». Экзаменуемый должен ориентироваться в основных положениях своего научного исследования.

Экзаменуемый получает оценку «неудовлетворительно», если он не справляется с заданиями билета, демонстрирует плохое владение теоретическим материалом или отказывается отвечать на экзаменационные вопросы, не может обсуждать основные положения своего научного исследования.

Вывод: получение положительных оценок (отлично, хорошо, удовлетворительно) позволяет сделать вывод о достаточной сформированности следующих компетенций:

ОПК-1

ОПК-2

ОПК-3

ПК-2

ПК-3

ПК-4

ПК-5.