

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

«Кубанский государственный университет»
факультет математики и компьютерных наук

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе,
качеству образования – первый
проректор
_____ Гагуров Г.
«29» мая 2020 г.



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.ДВ.01.02 Современные вычислительные алгоритмы

Направление подготовки: 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Специализация: Вычислительная механика и компьютерный инжиниринг

Форма обучения: очная

Квалификация: Математик. Механик. Преподаватель

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины «Объектно-ориентированное программирование и компьютерный инжиниринг» составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 01.05.01 Фундаментальные математика и механика

Программу составил:

С.И. Фоменко, к.ф.-м.н., доцент

подпись

Рабочая программа утверждена на заседании кафедры теории функций, протокол № 8 «17» марта 2020 г.

Заведующий кафедрой теории функций Голуб М.В. _____

Рабочая программа обсуждена на заседании кафедры теории функций протокол № 8 «17» марта 2020 г.

Заведующий кафедрой теории функций Голуб М.В. _____

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета математики и компьютерных наук протокол № 2 «30» апреля 2020 г.

Председатель УМК факультета Шмалько С.П. _____

Рецензенты:

Гусаков Валерий Александрович, канд. физ. – мат. наук, директор ООО «Просвещение – Юг»

Засядко Ольга Владимировна, доцент кафедры информационных образовательных технологий, канд. физ. - мат. наук, доцент

1 Цели и задачи изучения дисциплины .

1.1 Цель освоения дисциплины.

Целью изучения дисциплины Б1.В.ДВ.05.02 «Современные вычислительные алгоритмы» является освоение современных методов и алгоритмов высокопроизводительных компьютерных вычислений для решения естественно-научных и инженерных исследовательских задач, современных технологий объектно-ориентированного программирования для компьютерного моделирования и разработки пользовательских приложений для решения естественно-научных и инженерных задач, развитие профессиональных компетентностей и приобретение практических навыков решения программистских и инженерных задач современными численными методами и приемами программирования. Полученные в результате освоения дисциплины навыки и умения позволяют поднять общий уровень исследовательской, математической и программистской культуры обучающихся.

1.2 Задачи дисциплины

1. Изучить основные приемы разработки параллельных алгоритмов (методы распараллеливания вычислений).

2. Познакомиться с основными средствами параллельного и распределенного программирования алгоритмов (MPI, OpenMP, многопоточное программирование), приобрести навыки применения данных средств для решения конкретных прикладных задач.

3. Освоение основных современных численных методов и подходов к решению задач вычислительной механики, математического и компьютерного моделирования в естественных науках.

4 Приобретения навыков применения средств высокопроизводительных вычислений и алгоритмов для решения конкретных прикладных исследовательских и инженерных задач.

1.3 Место дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Современные вычислительные алгоритмы» относится к вариативной части блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана и является дисциплиной по выбору.

Данная дисциплина поднимать общий уровень исследовательской, математической и программистской культуры обучающихся.

Для освоения дисциплины студент должен владеть знаниями, умениями и навыками по дисциплинам «Технология программирования и работа на электронно-вычислительной машине (ЭВМ)» (Б1.Б.06), «Численные методы» (Б1.Б.05), «Линейная алгебра» (Б1.Б.12), «Дифференциальные уравнения»(Б1.Б.15).

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

Программа определяет общий объем знаний, позволяющий сформировать у студента культуру решения как простых вспомогательных задач, так и умения программировать, владение общими принципами построения вычислительных алгоритмов, написания и отладки компьютерных программ.

Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Современные вычислительные алгоритмы»:

№ п.п.	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или её части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	владеть
1.	ПК-5	способность использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	основные приемы программирования на основе объектно-ориентированных технологий для компьютерного моделирования при решении прикладных задач	реализовать компьютерные алгоритмы иерархией объектов для реализации алгоритмов решения численных задач математической физики и инженерии	навыками программирования и разработки эффективных иерархических алгоритмов
2.	ПК-6	способностью к творческому применению современных специализированных программных комплексов, включению в них собственных моделей, методов и алгоритмов	основные концепции разработки вычислительных программ и приложения для компьютерного моделирования	самостоятельно разрабатывать математические модели, алгоритмы и компьютерные программы, проводить анализ производительности программ и анализ результатов расчета	навыками анализа структуры вычислительных алгоритмов, связями между задачами и промежуточными методами компьютерного проекта

2. Структура и содержание дисциплины.

2.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ.

Общая трудоёмкость дисциплины составляет 2 зач.ед. (72 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)
			7 семестр
Контактная работа (всего), в том числе:			
Аудиторные занятия (всего)		40	40
В том числе:			
Занятия лекционного типа		10	10
Лабораторные занятия		26	26
Иная контактная работа			
В том числе:			
Контроль самостоятельной работы (КСР)		2	2
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,2	0,2
Самостоятельная работа, в том числе:			
Проработка учебного материала		5	5
Выполнение индивидуальных заданий		20	20
Подготовка к текущему контролю		6,8	6,8
Контроль			
Общая трудоемкость	час.	72	72
	в том числе контактная работа	42,2	42,2
	зач. ед	2	2

2.2 Структура дисциплины:

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины, разделы дисциплины, изучаемые в 7 семестре (*очная форма*)

Примечание: Л – лекции, ЛР – лабораторные занятия, СРС – самостоятельная работа студента; ИКР – иная контактная работа

2.3 Содержание разделов дисциплины:

2.3.1 Занятия лекционного типа.

№	Наименование разделов	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СРС
1	2	3	4	5	6	7
1.	Методы разработки эффективных высокопроизводительных компьютерных алгоритмов и параллельные вычисления.	12	4		4	4
2.	Основы многопоточного и многозадачного программирования, средства OpenMP, MPI и Cuda	29	5		14	10
3.	Разработка компьютерных моделей и алгоритмов для решения прикладных задач	22,8	1		6	15,8
4.	Анализ эффективности и вычисленный эксперимент	4	0		2	2
	<i>Итого по дисциплине:</i>	67,8	10		26	31,8

2.3.2 Занятия семинарского типа – не предусмотрены.

2.3.3 Лабораторные занятия.

№	№ раздела дисциплины	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1		3	4
1.	1	Ускорение, эффективность параллельной программы, законы Амдала.	Опрос по теоретическому материалу . Выполнение практических индивидуальных заданий.
2.	1	Разработка параллельных программ на основе декомпозиции данных. Функциональная и конвейерная декомпозиция	Опрос по теоретическому материалу . Выполнение практических индивидуальных заданий.
3.	1	Графовые модели алгоритма, параллельная форма графа алгоритма.	Опрос по теоретическому материалу . Выполнение практических индивидуальных заданий.
4.	2	Распараллеливание итерационных алгоритмов	Опрос по теоретическому материалу . Выполнение практических индивидуальных заданий.
5.	2	Распараллеливание рекурсивных алгоритмов и решение задачи балансировки нагрузки.	Проверка выполнения практических индивидуальных заданий.
6.	2	Разработка многопоточных программ для решения некоторых задач линейной алгебры (сложение векторов, скалярное умножение)	Проверка выполнения практических индивидуальных заданий.
7.	2	Разработка параллельной программы для высокопроизводительного умножения матриц на системах с общей памятью. Анализ ускорения и эффективности	Проверка выполнения практических индивидуальных заданий.
8.	3	Решение больших систем линейных уравнений на высокопроизводительных вычислительных системах с общей памятью средствами OpenMP	Проверка выполнения практических индивидуальных заданий.

9.	3	Средства программирования кластеров и вычислительных сетей. Программный интерфейс MPI и службы MPICH	Проверка выполнения практических индивидуальных заданий.
10	3	Разработка программ высокопроизводительных вычислений для решения численных задач линейной алгебры на системах с распределенной памятью	Проверка выполнения практических индивидуальных заданий.
11	3	Параллельные программы для решения различных численных задач (интегрирование функций, решение нелинейных уравнений, решение дифференциальных уравнений)	Проверка выполнения практических индивидуальных заданий.

2.4 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине

№	Вид самостоятельной работы	Перечень учебно-методического обеспечения дисциплины по выполнению самостоятельной работы
1	2	3
1	Проработка и повторение лекционного материала, материала учебной и научной литературы	Методические указания для подготовки к лекционным и семинарским занятиям, утвержденные на заседании кафедры
2	Подготовка к лабораторным занятиям	Методические указания по выполнению лабораторных работ, утвержденные на заседании кафедры
3	Подготовка к решению задач	Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры
4	Подготовка к текущему контролю	Методические указания по выполнению самостоятельной работы, утвержденные на заседании кафедры

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся из числа инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ) предоставляются в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа,

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа,

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

3. Образовательные технологии.

С точки зрения применяемых методов используются как традиционные информационно-объяснительные *лекции*, так и интерактивная подача материала с мультимедийной системой и др. Такое сочетание позволяет оптимально использовать отведенное время и раскрывать логику и содержание дисциплины.

Лекции представляют собой систематический обзор понятий и методов Комплексного анализа с подачей материала в форме презентаций и с использованием других интерактивных технологий: проблемное обучение, моделирование, дискуссия.

Занятия, проводимые с использованием интерактивных технологий

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов	
		всего ауд. часов	интерактивные часы
1	2	3	4
1.	Концепция объектно-ориентированного программирования (ООП).	8	6
2.	Сравнительный анализ реализации ООП в языках C++, C#, Python и Fortran	19	8
3.	Разработка компьютерных моделей на основе ООП для решения прикладных задач	7	1
4.	Анализ эффективности ООП и вычисленный эксперимент	2	0
	<i>Итого по дисциплине:</i>	39	15

Лабораторное занятие позволяет научить студента применять теоретические знания при решении и исследовании конкретных задач, развить математическую интуицию и творческое мышление. Разбор конкретных ситуаций, математическое моделирование задач, встречающихся на практике (проблемное обучение), командная работа, визуализация и обсуждение результатов анализа широко используется при проведении лабораторных, а также самостоятельных работ.

Для лиц с ограниченными возможностями здоровья предусмотрена организация консультаций с использованием возможностей средств удаленного доступа (электронная почта, видеоконференция).

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Текущий контроль знаний студентов представляет собой:

– выполнение расчетно-графических заданий;

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля выполнения заданий, лабораторных работ, средств для промежуточной аттестации (зачета)

Оценка успеваемости осуществляется по результатам:

– выполнения лабораторных работ;

– оценки, выставляемой при сдаче индивидуальных заданий;
 Зачет выставляется по результатам выполненных индивидуальных заданий и текущей работы на лабораторных занятиях.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

– при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;

– при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;

– при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине (модулю) предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

Структура оценочных средств для текущей и промежуточной аттестации

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины*	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
1	Концепция объектно-ориентированного программирования (ООП).	ПК-5, ПК-6	Отчет по лабораторной работе №1-3	Вопросы к зачету 1-5
2	Сравнительный анализ реализации ООП в языках C++, C#, Python и Fortran	ПК-6	Отчеты по лабораторным работам №4-7	Индивидуальное задание № 1 Вопросы к зачету 6-20
3	Разработка компьютерных моделей на основе ООП для решения прикладных задач	ПК-2, ПК-3	Отчеты по лабораторным работам №8-9	Индивидуальное задание № 2
4	Анализ эффективности ООП и вычисленный эксперимент	ПК-5	Отчеты по лабораторным работам №10	Индивидуальное задание № 2

Показатели, критерии и шкала оценки сформированных компетенций

Код и наименование компетенций	Соответствие уровней освоения компетенции планируемым результатам обучения и критериям их оценивания		
	пороговый	базовый	продвинутый
	Оценка		
	Удовлетворительно /зачтено	Хорошо/зачтено	Отлично /зачтено
ПК-5: способен использовать методы математического и алгоритмического моделирования при решении теоретических и прикладных задач	<i>Знает</i> – базовые понятия и методы дисциплины, возможные сферы их связи и приложения в других областях математического знания и дисциплинах естественно-научного и профессионального цикла;	<i>Знает</i> – основные методы и понятия, изучаемые в дисциплине, возможные сферы их связи и приложения в других областях математического знания и дисциплинах естественно-научного и профессионального цикла;	<i>Знает</i> - основные методы, понятия, изучаемые в дисциплине, сферы их связи и приложения в других областях математического знания и дисциплинах естественнонаучного и профессионального цикла;
	<i>Умеет</i> – решать базовые задачи, встречающиеся в практике профессиональной деятельности, сформулированные в терминах данной математической дисциплины, применять основные методы решения; использовать графические и текстовые редакторы, а также составлять научно-технические отчеты, инструкции и описание разработанных программ по ГОСТ	<i>Умеет</i> - решать основные задачи, встречающиеся в практике профессиональной деятельности, сформулированные в терминах данной математической дисциплины, применять основные и продвинутые методы решения; использовать графические и текстовые редакторы, а также визуализировать полученные результаты, составлять научно-технические отчеты, инструкции и описание разработанных программ по ГОСТ	<i>Умеет</i> – формулировать в терминах данной математической дисциплины задачи, встречающиеся в практике профессиональной деятельности, решать их с помощью основных и продвинутых методов; использовать графические и текстовые редакторы, а также визуализировать полученные результаты, составлять на высоком уровне научно-технические отчеты, инструкции и описание разработанных программ по ГОСТ
	<i>Владеет</i> отдельными методами применения математических методов, рассмотренных в рамках дисциплины, для решения профессиональных задач; навыками составления технических описаний и инструкций	<i>Владеет</i> основными методами применения математических методов, рассмотренных в рамках дисциплины, для решения профессиональных задач; навыками составления научно-технических описаний и инструкций	<i>Владеет</i> методами применения полученных знаний в постановке и решении прикладных задач; навыками составления научно-технических описаний и инструкций

ПК-6: Способен к творческому применению современных специализированных программных комплексов, включению в них собственных моделей, методов и алгоритмов	<i>Знает</i> – базовые методы, понятия, определения и свойства математических объектов, изучаемых в дисциплине, формулировки и утверждений; методы алгоритмизации математической модели	<i>Знает</i> – основные методы, основные понятия, определения и свойства математических объектов, изучаемых в дисциплине; методы алгоритмизации математической модели, разработки соответствующих компьютерных программ на высоком уровне	<i>Знает</i> - основные методы, основные понятия, определения и свойства математических объектов, изучаемых в дисциплине, формулировки утверждений, методы их доказательства; знаком с нестандартными подходами к решению задач; методы алгоритмизации математической модели, разработки соответствующих компьютерных программ на высоком уровне
	<i>Умеет</i> – формулировать базовые утверждения, решать базовые задачи дисциплины; программировать разработанные алгоритмы на языках высокого уровня, проводить расчеты	<i>Умеет</i> - формулировать и доказывать базовые утверждения дисциплины, решать основные задачи дисциплины, применять полученные навыки в других областях и дисциплинах естественно-научного цикла; программировать разработанные алгоритмы на языках высокого уровня, проводить расчеты.	<i>Умеет</i> - формулировать и доказывать основные утверждения дисциплины, решать основные и продвинутые задачи, применять полученные навыки в других областях и дисциплинах естественнонаучного цикла; проводить доказательства нестандартным путем; программировать разработанные алгоритмы на языках высокого уровня, проводить расчеты и анализировать полученные результаты
	<i>Владеет</i> – методами решения базовых задач и базовыми понятиями, рассматриваемые в дисциплине, а также методами разработки программных проектов. Способен работать в команде разработчиков.	<i>Владеет</i> - методами решения задач, а также методами разработки программных комплексов, навыками применения этого в других областях и дисциплинах естественно-научного цикла. Способен работать в команде разработчиков.	<i>Владеет</i> - методами решения задач, а также методами разработки программных комплексов, навыками применения этого в других областях и дисциплинах естественнонаучного цикла. Способен работать в команде разработчиков в качестве лидера. Демонстрирует дополнительные знания и эрудицию.

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

4.1.1. Методические рекомендации к выполнению лабораторных работ

Для успешного выполнения лабораторной работы обучающемуся следует ознакомиться с теоретической частью дисциплины по теме лабораторной работы, изложенной в лекциях. Для углубленного понимания теоретического материала могут быть использованы источники, указанные в списке основной литературы [1-4], дополнительной [5-7].

Критерием должной подготовки студентов к выполнению лабораторных работ являются приобретенные знания, позволяющие безошибочно ответить на вопросы, сформулированные по каждой теме лабораторных работ. Для приобретения должных навыков к решению задач предполагается решение задач на лабораторных занятиях в учебных аудиториях под руководством преподавателя. Закрепление приобретенных навыков осуществляется внеаудиторным самостоятельным решением студентом задач. Номера задач для решения в аудитории и дома указаны к каждой лабораторной работе.

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации.

Промежуточный контроль осуществляется в конце семестра в форме зачета.

Образцы расчетно-графических заданий к лабораторным работам

Разработать параллельные программы для систем с общей и распределенной памятью для решения следующих задач:

1. Умножение матриц больших размерностей различными способами: строка на столбец, блочное умножение, быстрое умножение. Сравнить производительность программы для матриц разного размера и при разном количестве рабочих процессов.
2. Умножение разреженных матриц. Матрица хранится ненулевыми элементами строки. Сравнить производительность программы для матриц разного размера и при разном количестве рабочих процессов.
3. Пусть дана разреженная матрица, представленная ненулевыми элементами строки. Найти транспонированную матрицу. Сравнить производительность программы для матриц разного размера и при разном количестве рабочих процессов.
4. Реализовать параллельный алгоритм решения блочных систем уравнений.
5. Реализовать параллельный алгоритм решения систем уравнений ленточного типа.
6. Реализовать параллельный алгоритм нахождения всех нулей заданной на некотором интервале функции.
7. Решение СЛАУ методом исключений Гаусса. Сравнить производительность программы для систем разного размера и при разном количестве рабочих процессов.
8. Выполнить LU -разложение матрицы A . Проверить корректность вычислений, т. е., что $LU = A$. Здесь L — нижняя треугольная матрица, U — верхняя треугольная матрица. Сравнить производительность программы для матриц разного размера и при разном количестве рабочих процессов.
9. Задача аппроксимации интеграла непрерывной функции $f(x)$ на интервале $[a, b]$.
10. Параллельный алгоритм поиска в неупорядоченном массиве
11. Поиск в упорядоченном массиве
12. Решение задачи оптимизации методом наискорейшего спуска
13. Промоделировать движение шаров на бильярдном столе. Задать начальные положения и скорости всех шаров, считая движение идеальным, без трения.
14. Решить уравнение Лапласа (эллиптическое дифференциальное уравнение в частных производных) методом Якоби. Известны значения в точках на границе, нужно аппроксимировать решение во внутренних точках области, покрыв область равномерной сеткой точек (сеточные вычисления). В методе Якоби новое значение в каждой точке сетки равно среднему от предыдущих значений её соседних точек (4 точки). Вычисления выполняются по достижению заданной точности (разница между текущей и предыдущей итерацией).
15. Решить уравнение Лапласа (эллиптическое дифференциальное уравнение в частных производных) при помощи метода последовательной сверхрелаксации по схеме «красное-чёрное». Известны значения в точках на границе, нужно аппроксимировать решение во внутренних точках области, покрыв область равномерной сеткой точек (се-

точные вычисления). Вычисления выполняются по достижению заданной точности (разница между текущей и предыдущей итерацией). Использовать алгоритм пульсации

16. Решение задачи Коши: $a_2(x)y'' + a_1(x)y' + a_0(x) = 0$; $y(0) = y_0$, $y'(0) = y_1$

17. Решение двумерной краевой задачи для неоднородного уравнения Лапласа методом конечных разностей в области Ω :

$$\begin{cases} \Delta u = f(x, y) \\ u(x)|_{x \in \Omega} = u_0(x) \end{cases}$$

18. Задача выделения областей изображения. Представить изображение матрицей чисел, определяющих цвет пикселя. Определить количество областей, составляющих изображение, используя алгоритм пульсации для межпроцессорного взаимодействия. Два пикселя принадлежат одной области, если они являются соседями по горизонтали или вертикали. Для решения задачи можно использовать матрицу меток областей, назначая метке максимальное значение среди соседей.

19. Задача сглаживания изображения. Представить изображение матрицей чисел, определяющих цвет пикселя (1 — есть цвет, 0 — нет). Нужно убрать «пики» и «зазубрины», затемнить все светлые пиксели, у которых как минимум d соседей не освещены, то же сделать и для тёмных пикселей. Использовать алгоритм пульсации. Рассмотреть задачу для разных изображений, разного количества процессоров, числа d .

20. Нахождение простых чисел $< n$ решетом Эратосфена. Использовать конвейер процессов-фильтров, каждый получает поток чисел от соседа слева и отправляет поток соседу справа (последний — первому). Первое число, полученное фильтром, будет простым; отсылаем соседу числа, не кратные первому. Конец списка можно отслеживать специальным маркером, когда процесс завершает работу.

21. Генерация простых чисел $< n$ с помощью портфеля задач. Используется алгоритм «управляющий-рабочие». Управляющий передаёт рабочим процессам числа, кандидаты в простые (например, 5, 7, 9, ...). Рабочие процессы имеют начальный массив простых чисел (2, 3), простые числа, полученное простые числа передаются управляющему, который и может рассылать их остальным процессам.

22. Найти кратчайшие пути между всеми парами вершин непустого взвешенного графа, если в нём нет циклов отрицательной суммарной длины, либо обнаружить наличие таких циклов. Для решения задачи использовать параллельную реализацию алгоритма Флойда.

23. Для взвешенного неориентированного графа найти его поддерево, соединяющее все вершины и обладающее минимальным суммарным весом рёбер (минимальное остовное дерево). Для решения задачи использовать параллельную реализацию алгоритма Прима.

24. Найти разбиение множества вершин заданного неориентированного графа на непересекающиеся.

25. Реализовать параллельный алгоритм быстрой сортировки.

26. Реализовать параллельный алгоритм сортировки слиянием.

Примеры заданий для выполнения в группах и индивидуальные задания

1. Разработать параллельную программу, осуществляющую быстрое преобразование Фурье заданного сигнала, применение к ним различных фильтров. Необходимо предусмотреть возможность визуализации входного сигнала и получаемого спектра.

2. Разработать программу, осуществляющую параллельные алгоритмы формирования конечно-элементной сетки, матрицы жесткости и решения ленточных систем уравнений, возникающих в методе конечных элементов.
3. Разработать программу, осуществляющую поиск комплексных корней уравнения $f(z) = 0$ комплекснозначной функции $f(z)$ в некоторой заданной области.
4. Разработать программу численного решения начально-краевых задач волновой динамики функционально-градиентных материалов.
5. Разработать процедуры для параллельного заполнения матрицы системы, возникающей в методах граничных и слоистых элементов для решения волновых задач для нерегулярных волноводов.

По результатам работы необходимо подготовить итоговый отчет, включающий в себя описания постановки задачи, метода решения, а также и анализа численного анализа и выводы по результатам выполнения лабораторной работы

Примерные перечень вопросов к Зачету по предмету

1. Понятие объектно-ориентированное программирование (ООП). Отличия ООП от процедурного программирования. Понятие класса и экземпляра.
2. Принципы объектно-ориентированного программирования: инкапсуляция, полиморфизм, наследование.
3. Платформа .NET Framework, ее назначение и структура. Обзор технологий .NET.
4. Структура языка C#. Понятие класса и объекта. Класс object. Классификация типов. Переменные и константы.
5. Понятие инкапсуляция и механизмы ее реализации в C#.
6. Понятие полиморфизм и механизмы его реализации в Python.
7. Понятие наследование и механизмы его реализации в C++.
8. Проектирование класса в C#: данные, конструкторы, деструкторы и методы. Создание и инициализация экземпляра класса (объекта). Вызов методов класса.
9. Проектирование класса: свойства, индексаторы.
10. Проектирование класса: перегрузка методов класса и операторов (математических операторов, операторов сравнения и преобразования типов).
11. Проектирование класса: делегаты и события.
12. Операции языка Fortran. Приоритеты операций. Выражения. Приведение типов в выражениях.
13. Операторы языка: следования, ветвления, цикла, безусловного перехода. Вложение операторов.
14. Массив как объект. Одномерные, многомерные и «рваные» массивы и их сравнительная характеристика.
15. Строка как объект. Изменяемые и неизменяемые строки и их сравнительная характеристика.
16. Анонимные методы, лямбда-выражения, замыкание и каррирование.
17. Понятие «коллекция» в C#. Интерфейсные коллекции. Обзор коллекций Stack, Queue, ArrayList.

18. Интерфейсы: основные понятия и использование интерфейсов в построении иерархии классов. Стандартные интерфейсы .Net. Интерфейс IComparable.
19. Организация консольного ввода-вывода данных. Форматированный вывод.
20. Иерархия потоков: байтовые и символьные потоки. Организация файлового ввода-вывода данных.

Вопросы для подготовки к зачету

1. Понятие, основные принципы и задачи параллельной обработки данных.
2. Архитектура Фон-Неймана и параллельные компьютеры.
3. Классификация многопроцессорных систем: классификация Флинна; сильно и слабосвязанные процессоры; системы с разделяемой и распределенной памятью, кластеры.
4. Производительность параллельных вычислительных систем: методы оценки (тест Linpack), единые числовые параметры Mflops и MIPS, пиковая и реальная производительность компьютеров.
5. Оценка производительности параллельной программы: ускорение, эффективность.
6. Законы Амдала и его следствия.
7. Классификация методов распараллеливания: функциональная алгоритмическая декомпозиция и декомпозиция данных.
8. Конвейерный способ организации параллельных вычислений.
9. Граф алгоритма как компактная параметрическая форма представления информационных связей в программе.
10. Информационная независимость операций и возможность их параллельного исполнения.
11. Ярусно-параллельная форма графа алгоритма, высота, ширина, каноническая ЯПФ.
12. Эквивалентные преобразования программ.
13. Графовые модели алгоритма для линейного класса программ: лексикографический порядок; простые и элементарные итерационные алгоритмы;
14. Постановка задачи построения графа алгоритма и определение подмножеств независимых операций в итерационных алгоритмах.
15. Задача оптимального отображения параллельных процессов на архитектуру многопроцессорной вычислительной системы.
16. Технологии параллельного программирования: MPI, OpenMP, специализированные языки программирования: достоинства и недостатки, связь с архитектурой вычислительной системы.
17. Процесс и поток, функции для создания и управления процессами и потоками в ОС Windows.
18. Многопоточное программирование. Interlocked-функции для атомарных операций. Критические секции.
19. Многопоточное программирование. Синхронизация потоков с помощью объектов ядра ОС: семафоры, мьютексы, мониторы.
20. Стандарт OpenMP программирования систем с общей памятью. Директивы, опции, функции и переменные окружения.
21. Модель памяти OpenMP: Общие и локальные переменные
22. Стандарт OpenMP. Параллельные циклы, управление распределением итераций между потоками, редукция.
23. Параллельные секции, задачи и барьерная синхронизация в OpenMP.
24. MPICH и запуск на исполнение MPI-программы на вычислительных узлах.
25. Функция инициализации и завершения MPI-программы.

26. MPI-функции определения числа процессов и номера процесса в коммуникационной группе.
27. MPI-функции передачи и приема сообщений и данных между процессами.
28. Различие между функциями MPI_Send и MPI_Isend.
29. Различие между функциями MPI_Send и MPI_Ssend.
30. Различие между MPI-функциями MPI_RECV и MPI_Irecv.
31. Блокирующие и неблокирующие функции приема сообщений.
32. Коллективные функции барьерной синхронизации в MPI.
33. Функция коллективного обмена MPI_Bcast, MPI_Gather, MPI_Reduce.

Критерии выставления оценок.

Оценка «отлично»:

- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;
- точное использование научной терминологии систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;
- безупречное владение инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;
- выраженная способность самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;
- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- умение ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин;
- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активное участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «хорошо»:

- достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку;
- использование научной терминологии, лингвистически и логически правильное изложение ответа на вопросы, умение делать обоснованные выводы;
- владение инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач;
- усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной учебной программой по дисциплине;
- самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий;
- средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «удовлетворительно»:

- достаточный минимальный объем знаний по дисциплине;
- усвоение основной литературы, рекомендованной учебной программой;
- умение ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку;
- использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок;

- владение инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач;
- умение под руководством преподавателя решать стандартные задачи;
- работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий;
- достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценка «неудовлетворительно»:

- фрагментарные знания по дисциплине;
- отказ от ответа (выполнения письменной работы);
- знание отдельных источников, рекомендованных учебной программой по дисциплине;
- неумение использовать научную терминологию;
- наличие грубых ошибок;
- низкий уровень культуры исполнения заданий;
- низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций.

Оценочные средства для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья выбираются с учетом их индивидуальных психофизических особенностей.

- при необходимости инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на экзамене;
- при проведении процедуры оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья предусматривается использование технических средств, необходимых им в связи с их индивидуальными особенностями;
- при необходимости для обучающихся с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов процедура оценивания результатов обучения по дисциплине может проводиться в несколько этапов.

Процедура оценивания результатов обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по дисциплине предусматривает предоставление информации в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья и восприятия информации:

Для лиц с нарушениями зрения:

- в печатной форме увеличенным шрифтом,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями слуха:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата:

- в печатной форме,
- в форме электронного документа.

Данный перечень может быть конкретизирован в зависимости от контингента обучающихся.

5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины.

5.1 Основная литература:

1 Богачёв, К. Ю. Основы параллельного программирования : учебное пособие / К. Ю. Богачёв. — 4-е изд. — Москва : Лаборатория знаний, 2020. — 345 с. — ISBN 978-5-00101-758-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/135516>

2. Федотов, И. Е. Параллельное программирование. Модели и приемы / И. Е. Федотов. — Москва : СОЛОН-Пресс, 2017. — 390 с. — ISBN 978-5-91359-222-4. — Текст :

электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/107666>

3. Гергель, В. П. Теория и практика параллельных вычислений : учебное пособие / В. П. Гергель. — 2-е изд. — Москва : ИНТУИТ, 2016. — 500 с. — ISBN 978-5-94774-645-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/100527>

4. Зализняк, В. Е. Численные методы. Основы научных вычислений : учебник и практикум для академического бакалавриата / В. Е. Зализняк. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 356 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02714-3. — URL: <https://biblio-online.ru/book/9D9516CB-A065-4497-9062-5D8C77D8E644/chislennyye-metody-osnovy-nauchnyh-vychisleniy>

5. Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий OPENMP, MPI, CUDA : учебное пособие для академического бакалавриата / А. А. Малявко. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : Издательство Юрайт, 2018. — 115 с. — (Серия : Бакалавр. Академический курс). — ISBN 978-5-534-02916-1. — Режим доступа : www.biblio-online.ru/book/46BBEB77-8697-4FF5-BE49-711BB1388D50

Для освоения дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья имеются издания в электронном виде в электронно-библиотечных системах «Лань».

а. Дополнительная литература:

1. Голуб М. В., Фоменко С. И., Шпак А. Н. Метод спектральных конечных элементов в задачах математической физики: учеб. пособие. Краснодар: Кубанский гос. ун-т, 2015.
2. В. А. Биллиг. Основы программирования на С#. - М. : БИНОМ. Лаб. знаний, 2009.
3. А. Чакраборти, Ю. Кранти, Р. Дж. Сандху. Microsoft.NET Framework: разработка профессиональных проектов. - СПб. : БХВ-Петербург, 2003.
4. Просиз, Джеф. Программирование для Microsoft. NET - М. : Рус. Ред., 2003.

5.3. Периодические издания:

1. Журнал "Вычислительная механика сплошных сред"
<http://www2.icmm.ru/journal/>

6. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины

1. <https://e.lanbook.com/> (Электронно-библиотечная система)
2. Российская система прочностного анализа на основе метода спектральных конечных элементов Fidesys <http://www.cae-fidesys.com/ru/about/info>

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины.

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной теоретический материал, лабораторных занятий, позволяющих студентам в полной мере ознакомиться с понятиями и методами Комплексного анализа и навыками их применением в решении практических задач.

Важнейшим этапом является самостоятельная работа по дисциплине. Целью самостоятельной работы магистр является углубление знаний, полученных в результате аудиторных занятий. Вырабатываются навыки самостоятельной работы. Закрепляются опыт и знания, полученные во время лабораторных занятий.

Самостоятельная работа студентов в ходе изучения дисциплины состоит в выполнении индивидуальных заданий, задаваемых преподавателем, ведущим лабораторные за-

нения, подготовки теоретического материала к лабораторным занятиям, на основе конспектов лекций и учебной литературы, согласно календарному плану и подготовки теоретического материала к тестовому опросу, зачету и экзамену, согласно вопросам к экзамену.

Указания по оформлению работ:

Отчет по выполнению лабораторной работы и индивидуальных расчетно-графических заданий должен быть подготовлен в соответствии с ГОСТ 7.32-2001 и содержать:

- титульный лист;
- введение;
- постановку задачи;
- краткое описание последовательного алгоритма;
- подробное описание параллельного алгоритма;
- текст разработанной программы на выбранном языке программирования;
- тестовые примеры и результаты тестирования программы: оценка ускорения и эффективности разработанного параллельного алгоритма, оптимальные размеры входных данных на которых достигается максимум ускорения при различном числе узлов вычислительной системы и др.;
- заключение
- список использованной литературы.

Проверка индивидуальных заданий по темам, разобранным на лабораторных занятиях, осуществляется через неделю на текущем лабораторном занятии, либо в течение недели после этого занятия на консультации.

Для разъяснения непонятных вопросов лектором и ассистентом еженедельно проводятся консультации, о времени которых группы извещаются заранее.

В освоении дисциплины инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья большое значение имеет индивидуальная учебная работа (консультации) – дополнительное разъяснение учебного материала.

Индивидуальные консультации по предмету являются важным фактором, способствующим индивидуализации обучения и установлению воспитательного контакта между преподавателем и обучающимся инвалидом или лицом с ограниченными возможностями здоровья.

Учебная деятельность проходит в соответствии с графиком учебного процесса. Процесс самостоятельной работы контролируется во время аудиторных занятий и индивидуальных консультаций. Самостоятельная работа студентов проводится в форме изучения отдельных теоретических вопросов по предлагаемой литературе и выполнении практических заданий по разобранным во время аудиторных занятий примерам.

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля (см. список задач и вопросов коллоквиума) и итоговой аттестации (зачета, экзамена).

В качестве оценочных средств, используемых для текущего контроля успеваемости, предлагается перечень вопросов, которые прорабатываются в процессе освоения курса. Данный перечень охватывает все основные разделы курса, включая знания, получаемые во время самостоятельной работы. Кроме того, важным элементом технологии является самостоятельное решение студентами и сдача заданий. Это полностью индивидуальная форма обучения. Студент рассказывает свое решение преподавателю, отвечает на дополнительные вопросы

8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

8.1 Перечень информационных технологий.

1. Мультимедиа и коммуникационные технологии.
2. Элементы дистанционных технологий.
3. Мировые информационные образовательные ресурсы.
4. Аудиовизуальные и интерактивные средства обучения.
5. Мобильное обучение.
6. Облачные технологии.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения.

- MS Office: MS Word, MS Excel, MS PowerPoint
- Matlab
- Fortran, C++, C#, Python

8.3 Перечень информационных справочных систем:

1. Электронная библиотечная система eLIBRARY.RU (<http://www.elibrary.ru>)
2. Электронная библиотечная система «Университетская библиотека ONLINE» (<http://www.biblioclub.ru>)
3. ЭБС Издательства «Лань» <http://e.lanbook.com/> ООО Издательство «Лань»
4. ЭБС «Университетская библиотека онлайн» www.biblioclub.ru ООО «Директ-Медиа»

9. Материально-техническая база, необходимая для осуществления образовательного процесса по дисциплине

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, специально оборудованная мультимедийными демонстрационными комплексами, учебной мебелью
2.	Лабораторные занятия	Помещение для проведения лабораторных занятий оснащенное учебной мебелью, доской маркером или мелом
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Помещение для проведения групповых (индивидуальных) консультаций, учебной мебелью, доской маркером или мелом
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Помещение для проведения текущей и промежуточной аттестации, оснащенное учебной мебелью.
5.	Самостоятельная работа	Кабинет для самостоятельной работы, оснащенный компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета

