МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Факультет компьютерных технологий и прикладной математики
Кафедра вычислительных технологий



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.02 «ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ»

Направление подготовки/специальность 02.03.02 **Фундаментальная информатика и информационные технологии**
(код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность (профиль) / специализация Вычислительные технологии
(наименование направленности (профиля) специализации)

Программа подготовки академический бакалавриат
(академическая /прикладная)

Форма обучения очная
(очная, очно-заочная, заочная)

Квалификация (степень) выпускника бакалавр
(бакалавр, магистр, специалист)

Краснодар 2020

Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 «ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ» составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.02 Фундаментальная информатика и информационные технологии

Программу составил(а):
Кособуцкая Екатерина Владимировна, доцент, к. физ.-мат. н. _____
Ф.И.О. , должность, ученая степень, ученое звание подпись

Рабочая программа дисциплины Б1.В.02 «ВВЕДЕНИЕ В ТЕОРИЮ ПАРАЛЛЕЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ» утверждена на заседании кафедры
Вычислительных Технологий
протокол № 8 «15 » мая 2020 г.

Заведующий кафедрой (разработчика) Вишняков Ю.М.
(фамилия, инициалы) подпись

Утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета Компьютерных Технологий и Прикладной Математики
протокол № 2 от «22» мая 2020 г

Председатель УМК факультета Коваленко А.В.

Рецензенты:

Гаркуша О.В., доцент кафедры информационных технологий ФБГОУ ВО «Кубанский государственный университет», кандидат физико-математических наук.

Зайков В.П. Ректор НЧОУ ВО «Кубанский институт информзащиты» д.экон. наук, к.т.н., доцент.

1. Цели и задачи изучения дисциплины (модуля)

1.1 Цель освоения дисциплины

Цели изучения дисциплины «Введение в теорию параллельных алгоритмов» определены федеральным государственным стандартом высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки 02.03.02 «Фундаментальные информатика и информационные технологии», в рамках которого преподается дисциплина.

1.2 Задачи дисциплины

Основными задачами освоения дисциплины является изучение архитектуры, топологии и принципов функционирования многопроцессорных и мультикомпьютерных систем, методов распараллеливания алгоритмов и средств параллельного и распределенного программирования алгоритмов (MPI, OpenMP, многопоточное и мультикомпьютерное программирование).

1.3 Место дисциплины (модуля) в образовательной программе

Дисциплина «Введение в теорию параллельных алгоритмов» относится к вариативной части обязательных дисциплин.

Для изучения дисциплины необходимо знание основ объектно-ориентированного проектирования и программирования, организации вычислительных систем, теории графов.

Знания, полученные при изучении «Введение в теорию параллельных алгоритмов», используются при изучении других дисциплин профессионального цикла учебного плана бакалавра «Оптимизация вычислительных процессов», «Распределенные задачи и алгоритмы», «Программирование в компьютерных сетях», а также при работе над выпускной работой бакалавра.

1.4 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Изучения данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся следующих **профессиональных компетенций**:

№ п.п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны		
			знать	уметь	Владеть
1	ПК-6	способностью эффективно применять базовые математические знания и информационные технологии при решении проектно-технических и прикладных задач, связанных с развитием и использованием	классификацию параллельных вычислительных систем и особенности разработки алгоритмов для них; основные функции OpenMP; конструкции и функции стандарта Massage Passing Interface.	самостоятельно разрабатывать параллельные программы для многопроцессорных систем с общей памятью (многопоточное программирование, OpenMP); разрабатывать	методами проектирования вычислительных алгоритмов; методикой исследования информационных зависимостей в алгоритме; распаралле-

		информационных технологий		параллельные программы для мультикомпьютерных систем с использованием технологии MPI.	ливания итерационных и рекурсивных алгоритмов

2.Структура и содержание дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости дисциплины по видам работ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зач.ед. (144 часов), их распределение по видам работ представлено в таблице

Вид учебной работы		Всего часов	Семестры (часы)			
			4			
Контактная работа, в том числе:						
Аудиторные занятия (всего):		84	84			
Занятия лекционного типа		34	34			
Лабораторные занятия		50	50			
Занятия семинарского типа (семинары, практические занятия)		-	-			
Иная контактная работа:						
Контроль самостоятельной работы (КСР)		2	2			
Промежуточная аттестация (ИКР)		0,3	0,3			
Самостоятельная работа, в том числе:						
Курсовая работа		-	-			
Проработка учебного (теоретического материала)		8	8			
Выполнение индивидуальных заданий (подготовка сообщений, презентаций)		8	8			
Реферат		-	-			
Подготовка к текущему контролю		6	6			
Контроль:						
Подготовка к экзамену:		35,7	35,7			
Общая трудоемкость	**Час.**	**144**	**144**			
	В том числе контактная работа	**86,3**	**86,3**			
	Зач.ед.	**4**	**4**			

2.2 Структура дисциплины

Распределение видов учебной работы и их трудоемкости по разделам дисциплины.

Разделы дисциплины, изучаемые в 4 семестре.

№	Наименование разделов (тем)	Количество часов				
		Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа
			Л	ПЗ	ЛР	СР
1	2	3	4	5	6	7
1	Введение	4	2		2	
2	Моделирование и анализ параллельных вычислений	6	2		2	2
3	Показатели эффективности параллельного алгоритма	6	2		2	2
4	Общая характеристика механизмов передачи данных.	8	4		2	2
5	Графовые модели программ	24	10		10	4
6	Основы OpenMP	24	4		14	6
7	Стандарт параллельного и распределенного программирования MPI	34	10		18	6
	Итого:		34		50	22

2.3 Содержание разделов дисциплины

2.3.1 Занятия лекционного типа

№ раздела	Наименование раздела	Содержание раздела	Форма текущего контроля
1	2	3	4
1	Введение	Понятие параллельных вычислений. Требования к архитектурным принципам построения вычислительной среды. Параллельные компьютеры и суперЭВМ. Классификация вычислительных систем по Флину. Классификация вычислительных систем по типу связи между процессорами и по типу строения памяти: системы с общей и распределенной памятью. Проблемы организации параллельных вычислений.	ЛР
2	Моделирование и анализ параллельных вычислений	Понятие модели вычислений и схемы алгоритма. Анализ эффективности достижения параллелизма. Оценка максимально возможного параллелизма.	ЛР
3	Показатели эффективности параллельного алгоритма	Понятия ускорения, эффективности и стоимости. Пример вычисления частных сумм последовательности числовых значений. Оценка максимально достижимого параллелизма. Законы Амдаля и Густавсона-Барсиса. Анализ масштабируемости параллельных вычислений.	ЛР

4	Общая характеристика механизмов передачи данных.	Алгоритмы маршрутизации: оптимальные и неоптимальные, детерминированные и адаптивные. Методы покоординатной маршрутизации. Методы передачи данных: передача сообщений и передача пакетами. Анализ трудоемкости основных операций передачи данных: между двумя процессорами сети, от одного процессора всем остальным процессорам сети, от всех процессоров всем. Зависимость трудоемкости передачи данных от топологии сети: кольцо, решетка-тор, гиперкуб. Понятие и характеристика трудоемкости обобщенной передачи данных. Обобщенная множественная рассылка. Методы логического представления топологии коммуникационной среды. Оценка трудоемкости передачи данных для кластерных систем.	ЛР
5	Графовые модели программ	Понятия операционной связи, графа управления и операционно-логической истории. Понятия информационной связи, информационного графа и информационной истории. Графы зависимостей и графы влияния. История реализации. Ярусно-параллельная форма (ЯПФ) алгоритма. Алгоритм приведения графа к ЯПФ. Эквивалентные преобразования программ. Вложенные циклы и их анализ на распараллеливание. Виды зависимостей по данным. Зависимость по ресурсам. Эквивалентные преобразования циклов.	ЛР
6	Основы OpenMP	Стандарты OpenMP. Модель параллельной программы OpenMP. Директивы, опции, функции и переменные окружения. Параллельные и последовательные секции. Директивы parallel, single, master. Общие и локальные переменные. Параллельные циклы. Редукция. Синхронизация. Атомарные операции и критические секции OpenMP. Реализация OpenMP в C.	ЛР
7	Стандарт параллельного и распределенного программирования MPI	Программирование многопроцессорных систем с распределенной памятью. Модель программы MPI. Особенности программирования мультикомпьютеров. Модель многопроцессной программы (SPMD). Коммуникационные операции для синхронизации памяти многопроцессорных систем с распределенной памятью. Стандарт программирования Massage Passing Interface. Реализации стандарта: MPICH, MVAPICH, Open MPI, Microsoft MPI. Двухточечные коммуникационные	ЛР

		операции MPI. Операции передачи данных типа «точка-точка». Коллективные операции MPI. Операция барьерной синхронизации. Широковещательная рассылка. Операции сборки и распределения данных. Операции коллективной редукции. Функции MPI_Barrier, MPI_Bcast, MPI_Gather, MPI_Scater, MPI_Reduce.	

2.3.2 Занятия семинарского типа

Учебным планом не предусмотрены

2.3.3 Лабораторные занятия

№ работы	Наименование лабораторных работ	Форма текущего контроля
1	Архитектурные принципы построения вычислительной среды, предназначенной для параллельных вычислений	ЛР
2	Модели вычислений и схемы алгоритмов. Анализ эффективности достижения параллелизма	ЛР
3	Ускорение и эффективность программ для параллельных вычислительных систем	ЛР
4	Анализ трудоемкости основных операций передачи данных	ЛР
5	Граф управления и операционно-логическая истории. Информационный граф и информационная история.	ЛР
6	Ярусно-параллельная форма (ЯПФ) алгоритма. Алгоритм приведения графа к ЯПФ	ЛР
7	Вложенные циклы и их анализ на распараллеливание.	ЛР
8	Виды зависимостей и их влияние на распараллеливание алгоритмов.	ЛР
9	Эквивалентные преобразования циклов.	ЛР
10	Директива parallel и ее параметры.	ЛР
11	Распараллеливание циклов по данным.	ЛР
12	Матрично-векторное умножение с использованием OpenMP	ЛР, РГЗ
13	Синхронизация вычислений	ЛР, РГЗ
14	Распределение вычислительной нагрузки между потоками.	ЛР, РГЗ
15	Матричное умножение с использованием OpenMP	ЛР, РГЗ
16	Решение систем линейных уравнений с использованием OpenMP.	ЛР, РГЗ
17	Двухточечные коммуникационные операции MPI.	ЛР, РГЗ
18	Коллективные операции MPI.	ЛР, РГЗ
19	Операция барьерной синхронизации.	ЛР, РГЗ
20	Операции сборки и распределения данных.	ЛР, РГЗ
21	Матрично-векторное умножение с использованием MPI	ЛР, РГЗ
22	Умножение разреженной матрицы на вектор.	ЛР, РГЗ
23	Матричное умножение с использованием MPI	ЛР, РГЗ
24	Решение систем линейных уравнений с использованием MPI.	ЛР, РГЗ
25	Поиск путей в графе.	ЛР, РГЗ

Примечание: РГЗ – расчетно-графическое задание.

2.3.4 Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Учебным планом не предусмотрены.

2.3.5 Расчетно-графические задания

По дисциплине студентом выполняется одно индивидуальное расчетно-графическое задание – разработка компьютерной программы, отчет с численным анализом результатов работы программы и эффективности разработанных алгоритмов. Темы заданий для каждого студента различны. Задача РГЗ состоит в проверке умений студента и проверки эффективности его самостоятельной работы.

Темы заданий ежегодно обновляются. Общая тематика соответствует тематике лабораторных работ.

Примеры расчетно-графических заданий.

Разработать параллельные программы (для систем с общей или распределенной памятью) для решения следующих задач:

1. Умножение разрежённых матриц. Матрица хранится ненулевыми элементами строки. Сравнить производительность.
2. Пусть дана разрежённая матрица, представленная ненулевыми элементами строки. Найти транспонированную матрицу. Сравнить производительность программы для матриц разного размера и при разном количестве рабочих процессов, эффективность программы для матриц разного размера и при разном количестве рабочих процессов.
3. Решение СЛАУ методом исключений Гаусса. Сравнить производительность программы для систем разного размера и при разном количестве рабочих процессов.
4. Выполнить L U-разложение матрицы . 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.
5. 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.
6. Реализовать параллельный алгоритм быстрой сортировки.
7. Реализовать параллельный алгоритм сортировки слиянием.

Примерный состав отчета о лабораторных работах (РГЗ) по курсу

1. Титульный лист.
2. Содержание.
   - 2.1. Умножение матриц.
     - 2.1.1. Последовательный алгоритм. Граф алгоритма. Зависимости и возможности распараллеливания.
     - 2.1.2. Параллельная реализация для случаев ленточного и блочного разделения матриц.
     - 2.1.3. Таблица, отражающая сравнительное время выполнения последовательного и параллельных алгоритмов для разных размеров матриц на 2-х и 4-х ядрах.
   - 2.2. Решение систем линейных уравнений методом Гаусса
     - 2.2.1. Последовательный алгоритм. Граф алгоритма. Зависимости и возможности распараллеливания.
     - 2.2.2. Параллельная реализация.

2.2.3. Таблица, отражающая сравнительное время выполнения последовательного и параллельных алгоритмов для разных размеров матриц на 2-х и 4-х ядрах.

2.3. Алгоритмы на графах.

2.3.1. Последовательный алгоритм. Граф алгоритма. Зависимости и возможности распараллеливания.

2.3.2. Параллельная реализация.

2.3.3. Таблица, отражающая сравнительное время выполнения последовательного и параллельных алгоритмов для разных графов на 2-х и 4-х ядрах.

3. Образовательные технологии

При проведении занятий по дисциплине используются следующие образовательные технологии:

– технология разноуровнего обучения (дифференцированное обучение);

– технология коллективного взаимодействия (организованный диалог, коллективный способ обучения).

Технология адаптивного обучения (индивидуализированное обучение)

Семестр	Вид занятия (Л, ПР, ЛР)	Используемые интерактивные образовательные технологии	Количество часов
4	Л	Компьютерные презентации и обсуждение	34
4	ЛР	Разбор конкретных ситуаций (задач), тренинги по решению задач, компьютерные симуляции (программирование алгоритмов), подготовка и обсуждение докладов.	50
4	КСР	Проверка РГЗ	2
Итого:			86

4. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

4.1 Фонд оценочных средств для проведения текущего контроля

Фонд оценочных средств дисциплины состоит из средств текущего контроля выполнения расчетно-графических заданий, лабораторных работ, средств итоговой аттестации (экзамен в 4 семестре).

Оценка успеваемости осуществляется по результатам:

- выполнения лабораторных работ;
- ответов на теоретические вопросы при сдаче лабораторных работ;
- ответа на экзамене (для выявления знания и понимания теоретического материала дисциплины).

Перечень вопросов, которые выносятся на экзамен в 4 семестре

1. Понятие, основные принципы и задачи параллельной обработки данных.
2. Законы Амдала и его следствия.

3. Граф алгоритма как компактная параметрическая форма представления информационных связей в программе.
4. Информационная независимость операций и возможность их параллельного исполнения.
5. Ярусно-параллельная форма графа алгоритма, высота, ширина, каноническая ЯПФ.
6. Эквивалентные преобразования программ.
7. Графовая модель алгоритма для линейного класса итерационных программ: лексикографический порядок; простые и элементарные итерационные алгоритмы;
8. Постановка задачи построения графа алгоритма и поиска подмножеств независимых операций в итерационных алгоритмах.
9. Задача оптимального отображения параллельных процессов на архитектуру многопроцессорной вычислительной системы.
10. Модель параллельной программы OpenMP.
11. Основные директивы и опции OpenMP.
12. Параллельные и последовательные секции OpenMP.
13. Общие и локальные переменные OpenMP.
14. Параллельные циклы и редукция в OpenMP.
15. Синхронизация потоков в OpenMP.
16. Модель MPI-программы MPI.
17. Функции инициализации и завершения MPI-программы.
18. MPI-функция определения числа процессов в коммуникационной группе.
19. MPI-функция определения номера процесса в коммуникационной группе.
20. MPI-функция передачи сообщений и данных между процессами.
21. MPI-функция приема сообщений и данных между процессами.
22. Блокирующие и неблокирующие функции приема сообщений.
23. Функции коллективного обмена MPI

4.2 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

4.2.1 Пример тестового задания

4.2.2 Критерии оценивания к экзамену

Оценка «отлично»: точные формулировки алгоритмов, теорем и правильные доказательства; точные определения математических объектов и ясные и правильные определения объектов, характеризующихся неформализованными понятиями.

Оценка «хорошо»: при ответе на один вопрос даны точные формулировки алгоритмов, теорем и правильные доказательства; точные определения математических объектов и ясные и правильные определения объектов, характеризующихся неформализованными понятиями; при ответе на второй вопрос имеются неточности формулировки алгоритмов, теорем или пробелы в правильных доказательствах; недостаточно точные определения математических объектов или неясные и не совсем правильные определения объектов, характеризующихся неформализованными понятиями.

Оценка «удовлетворительно»: при ответе на оба вопроса имеются неточности формулировки алгоритмов, теорем или пробелы в правильных доказательствах; недостаточно точные определения математических объектов или неясные и не совсем правильные определения объектов, характеризующихся неформализованными понятиями.

Оценка «неудовлетворительно»: отсутствует ответ хотя бы на один из вопросов или имеются существенные неточности в формулировках алгоритмов, теорем, приведены

неправильные доказательства; неверные определения математических объектов и неправильные определения объектов, характеризующихся неформализованными понятиями.

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 (модуля)

5.1 Основная литература

1. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 77с.
2. Гергель В.П. Параллельные вычисления: технологии и численные методы. Учебное пособие в 4-х томах. Том 1. – Н.Новгород : Изд-во нижегородского университета, 2013, – 239 с.
3. Тель Ж. Введение в распределенные алгоритмы. Москва, МЦНМО, 2009.

5.2 Дополнительная литература

1. Барский А. Б. Параллельные информационные технологии : учебное пособие - М. : Интернет-Университет Информационных Технологий : БИНОМ. Лаборатория знаний , 2007. - 502 с.
2. Эндрюс Г.П. Основы многопоточного, параллельного и распределенного программирования. Пер. с англ. - М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 512 с.
3. А.С. Антонов. Введение в параллельные вычисления: методическое пособие // М: МГУ, 2002.
4. Антонов А.С. Параллельное программирование с использованием технологии OpenMP: Учебное пособие. – М.: Изд-во МГУ, 2009. – 77с.
5. Антонов А.С.. Параллельное программирование с использованием технологии MPI. Учебное пособие - М: МГУ, 2004. 71 с.

6. Архитектура компьютерных систем и сетей. Учебное пособие / Т.П. Барановская, В.И. Лойко, М.И. Семенов, А.И. Трубилин. М.: Финансы и статистика, 2003.
7. Баканов В.М.. Параллельные вычисления: Учебное пособие; МГУПИ. Москва, 2006.
8. Воеводин В.В., Воеводин Вл.В. Параллельные вычисления. – СПб.:БХВ Петербург, 2004. - 608 с.
9. Воеводин В.В. Вычислительная математика и структура алгоритмов.– М.: Изд-во МГУ, 2006. – 112 с.
10. Корнеев В.Д. Параллельное программирование в MPI. – Новосибирск: Изд-во ИВМ и МГ, 2002.
11. Гергель В.П., Стронгин Р.Г. Основы параллельных вычислений для многопроцессорных вычислительных систем. – Н.Новгород.: Изд-во ННГУ 2003.
12. Малышкин В. Э. Корнеев В.Д. Параллельное программирование мультикомпьютеров : Новосибирск, 2006
13. Богачев К. Ю. Основы параллельных вычислений. – М., Изд-во МГУ, 2002.
14. Немнюгин С. А. Стесик О. И. Параллельное программирование для многопроцессорных вычислительных систем. – СПб., 2002
15. Корнеев В. Д. Параллельное программирование кластеров : учеб. пособие, Новосибирск, Изд-во НГТУ, 2008.

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

1. Материалы информационно-аналитического центра по параллельным вычислениям http://parallel.ru
2. Официальный сайт OpenMP «Architecture Review Board». http://www.openmp.org/
3. MPI: A Message-Passing Interface Standard. Message Passing Interface Forum. – Version 1.1. 1995. – http://www-unix.mcs.anl.gov/mpi

7. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

По курсу предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал, лабораторных работ и экзамена.

Важнейшим этапом курса является самостоятельная работа по дисциплине с использованием указанных литературных источников.

Для лучшего освоения дисциплины при защите ЛР студент должен ответить на несколько вопросов из лекционной части курса.

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.

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

8.1 Перечень информационных технологий.

– Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.

– Использование электронных презентаций при проведении лекций и практических занятий.

8.2 Перечень необходимого программного обеспечения

1. MS Visual Studio.
2. OpenMP;
3. MPI.

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

№	Вид работ	Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля) и оснащенность
1.	Лекционные занятия	Лекционная аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран, компьютер/ноутбук) и соответствующим программным обеспечением (ПО) PowerPoint. ауд. 129, 131, А305.
2.	Лабораторные занятия	Лаборатория, укомплектованная специализированными техническими средствами обучения – компьютерный класс, с возможностью подключения к сети «Интернет», программой экранного увеличения и обеспеченный доступом в электронную информационно-образовательную среду университета (лаб. 102-106.).
3.	Групповые (индивидуальные) консультации	Аудитория, (кабинет) – компьютерный класс
4.	Текущий контроль, промежуточная аттестация	Аудитория, приспособленная для письменного ответа при промежуточной аттестации.
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.