

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего
образования
"САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
АЭРОКОСМИЧЕСКОГО ПРИБОРОСТРОЕНИЯ"

Кафедра № 14

УТВЕРЖДАЮ

Руководитель образовательной программы

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

В.А. Ненашев

(инициалы, фамилия)

(подпись)

«20» февраля 2025 г

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Параллельное программирование»
(Наименование дисциплины)

Код направления подготовки/ специальности	11.04.03
Наименование направления подготовки/ специальности	Конструирование и технология электронных средств
Наименование направленности	Проектирование и конструирование встраиваемых систем для космического и ракетного оборудования
Форма обучения	очная
Год приема	2025

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Программу составил (а)

к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

В.Л. Оленев

(инициалы, фамилия)

Программа одобрена на заседании кафедры № 14

«19» февраля 2025 г, протокол № 6

Заведующий кафедрой № 14

к.т.н., доц.

(уч. степень, звание)

(подпись, дата)

В.Л. Оленев

(инициалы, фамилия)

Заместитель директора института №2 по методической работе

доц., к.т.н., доц.

(должность, уч. степень, звание)

(подпись, дата)

Н.В. Марковская

(инициалы, фамилия)

Аннотация

Дисциплина «Параллельное программирование» входит в образовательную программу высшего образования – программу магистратуры по направлению подготовки/специальности 11.04.03 «Конструирование и технология электронных средств» направленности «Проектирование и конструирование встраиваемых систем для космического и ракетного оборудования». Дисциплина реализуется кафедрой «№14».

Дисциплина нацелена на формирование у выпускника следующих компетенций:

ПК-2 «Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования, искусственного интеллекта и обеспечивать их программную реализацию»

ПК-10 «Способен осуществлять интеграцию и внедрение разработанного программного обеспечения, вычислительных систем, коммуникационного оборудования»

Содержание дисциплины охватывает круг вопросов, связанных с принципами организации и программирования параллельных вычислений на вычислительных средствах разного класса – от многоядерных процессоров, кластерных вычислительных систем, встроенных мультипроцессорных ВС до распределенных мультипроцессорных вычислительных комплексов, методов их применения в информационных и управляющих системах.

Преподавание дисциплины предусматривает следующие формы организации учебного процесса: лекции, лабораторные работы, практические занятия, самостоятельная работа студента.

Программой дисциплины предусмотрены следующие виды контроля: текущий контроль успеваемости, промежуточная аттестация в форме экзамена.

Общая трудоемкость освоения дисциплины составляет 3 зачетных единицы, 108 часов.

Язык обучения по дисциплине «русский»

1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

1.1. Цели преподавания дисциплины

Целью дисциплины является обучение студентов принципам организации и программирования параллельных вычислений на вычислительных средствах разного класса – от многоядерных процессоров, кластерных вычислительных систем, встроенных мультипроцессорных ВС до распределенных мультипроцессорных вычислительных комплексов, методов их применения в информационных и управляющих системах. Изучение настоящей дисциплины необходимо для эффективной работы специалиста на всех этапах жизненного цикла систем обработки информации и управления в современных технических системах. Дисциплина переназначена для получения студентами необходимых и навыков в области эффективного применения перспективных средств вычислительной техники, которые все становятся параллельными вычислительными платформами, в том числе для встроенных систем различного назначения и аэрокосмических бортовых комплексов.

1.2. Дисциплина входит в состав части, формируемой участниками образовательных отношений, образовательной программы высшего образования (далее – ОП ВО).

1.3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОП ВО.

В результате изучения дисциплины обучающийся должен обладать следующими компетенциями или их частями. Компетенции и индикаторы их достижения приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Перечень компетенций и индикаторов их достижения

Категория (группа) компетенции	Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Профессиональные компетенции	ПК-2 Способен разрабатывать эффективные алгоритмы решения сформулированных задач с использованием современных языков программирования, искусственного интеллекта и обеспечивать их программную реализацию	ПК-2.3.1 знать методы разработки интеллектуальных алгоритмов решения научно-исследовательских задач ПК-2.У.1 уметь использовать алгоритмы решения исследовательских задач с использованием современных языков программирования, в том числе алгоритмы с использованием искусственного интеллекта ПК-2.В.1 владеть навыками разработки стратегии и методологии исследования конструкций электронных средств и технологических процессов
Профессиональные компетенции	ПК-10 Способен осуществлять интеграцию и внедрение разработанного программного обеспечения, вычислительных систем, коммуникационного оборудования	ПК-10.3.1 знать основы архитектуры, устройство и принципы функционирования вычислительных информационных систем и коммуникационного оборудования ПК-10.У.1 уметь проводить интеграцию и внедрение вычислительных информационных систем и коммуникационного оборудования ПК-10.В.1 владеть навыками оценки качества разрабатываемых программных и/или аппаратных средств

2. Место дисциплины в структуре ОП

Дисциплина может базироваться на знаниях, ранее приобретенных обучающимися при изучении следующих дисциплин:

- Программирование на языках высокого уровня
- Операционные системы
- Системное программирование

Знания, полученные при изучении материала данной дисциплины, имеют как самостоятельное значение, так и могут использоваться при изучении других дисциплин:

- Выпускная квалификационная работа

3. Объем и трудоемкость дисциплины

Данные об общем объеме дисциплины, трудоемкости отдельных видов учебной работы по дисциплине (и распределение этой трудоемкости по семестрам) представлены в таблице 2.

Таблица 2 – Объем и трудоемкость дисциплины

Вид учебной работы	Всего	Трудоемкость по семестрам
		№1
1	2	3
Общая трудоемкость дисциплины, ЗЕ/ (час)	3/ 108	3/ 108
Из них часов практической подготовки	17	17
Аудиторные занятия, всего час.	34	34
в том числе:		
лекции (Л), (час)	17	17
практические/семинарские занятия (ПЗ), (час)		
лабораторные работы (ЛР), (час)	17	17
курсовой проект (работа) (КП, КР), (час)		
экзамен, (час)	36	36
Самостоятельная работа, всего (час)	38	38
Вид промежуточной аттестации: зачет, дифф. зачет, экзамен (Зачет, Дифф. зач, Экз.**))	Экз.	Экз.

Примечание: ** кандидатский экзамен

4. Содержание дисциплины

4.1. Распределение трудоемкости дисциплины по разделам и видам занятий.

Разделы, темы дисциплины и их трудоемкость приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Разделы, темы дисциплины, их трудоемкость

Разделы, темы дисциплины	Лекции (час)	ПЗ (СЗ) (час)	ЛР (час)	КП (час)	СРС (час)
Семестр 1					
Раздел 1. Параллельные вычислительные процессы и архитектуры	5				3
Раздел 2 Программирование параллельных систем с обменом сообщениями с использованием MPI	3		8		14
Раздел 3. Программирование параллельных систем с общей памятью с использованием OpenMP	3		9		15

Раздел 4. Типовые проблемы и методы решения при организации параллельных программных систем	3				3
Раздел 5. Методы планирования и распределения параллельных процессов	3				3
Итого в семестре:	17		17		38
Итого	17	0	17	0	38

Практическая подготовка заключается в непосредственном выполнении обучающимися определенных трудовых функций, связанных с будущей профессиональной деятельностью.

4.2. Содержание разделов и тем лекционных занятий.

Содержание разделов и тем лекционных занятий приведено в таблице 4.

Таблица 4 – Содержание разделов и тем лекционного цикла

Номер раздела	Название и содержание разделов и тем лекционных занятий
1	Тема 1. Формальная модель процесса. Основные понятия и свойства процесса. Система процессов. Взаимодействие процессов. Отображение процессов на структуру ЭВМ. Процессы в среде мультипрограммных ОС. Программно и аппаратно реализованные процессы в структуре ЭВМ и вычислительных комплексов. Обмен сообщениями, синхронный обмен и асинхронный сообщениями. Рандеву. Удаленный прямой доступ в память (RDMA). Процессы и потоки в POSIX. Параллельные вычисления с управлением потоком данных (data-flow). Поточковые (streaming) вычисления. Тема 2. Классы параллельных ВС. Структуры параллельных ВС с общим адресным пространством, SMP- и DSM-архитектуры, мультиядерные микропроцессоры. Структуры параллельных ВС с обменом сообщениями, кластерные ВС, распределенные ВС. Показатели мультипроцессорных ВС и параллельных программных систем. Производительность, параллельное ускорение, эффективность, масштабируемость. Закон Амдала. Тезис Густавсона.
2	Спецификация MPI. Общие понятия. Область применения. MPI: Механизм запуска и выполнения программ. Области связи и коммутаторы. Общие процедуры MPI: Инициализация, Завершение.
3	Спецификация OpenMP: Общие понятия. Область применения. Директивы OpenMP. Директивы для определения параллельной области. Директивы для распределения вычислений внутри параллельной области:
4	Проблема тупиков. Виды тупиков. Методы борьбы с тупиками в параллельных программных системах. Централизованный метод обнаружения тупиков. Децентрализованный метод обнаружения тупиков. Предотвращение тупиков в параллельных программных системах. Синхронизация логического времени в параллельных программных системах. Синхронизация физического времени.
5	Распределение статических и динамических систем процессов по процессорам параллельных ВС. Стохастические методы. Модель мультипоточковых вычислений Блума-Лейзерсона. Планирование мультипоточковых вычислений. «Жадный планировщик». Планировщик «Занятые листья» Планировщик «Похититель работ».

4.3. Практические (семинарские) занятия

Темы практических занятий и их трудоемкость приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Практические занятия и их трудоемкость

№ п/п	Темы практических занятий	Формы практических занятий	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Учебным планом не предусмотрено					
Всего					

4.4. Лабораторные занятия

Темы лабораторных занятий и их трудоемкость приведены в таблице 6.

Таблица 6 – Лабораторные занятия и их трудоемкость

№ п/п	Наименование лабораторных работ	Трудоемкость, (час)	Из них практической подготовки, (час)	№ раздела дисциплины
Семестр 1				
1	Распределенные вычисления над структурными данными	3		2
2	Функции MPI для обработки пересылки данных между распределенными процессами	3		2
3	Параллельная сортировка данных в распределенных комплексах	3		2
4	Параллельные итерационные вычисления в параллельных системах с общей памятью. Распараллеливание операций обработки векторов векторами.	4		3
5	Распараллеливание вычислений в параллельных системах с общей памятью.	4		3
Всего		17		

4.5. Курсовое проектирование/ выполнение курсовой работы

Учебным планом не предусмотрено

4.6. Самостоятельная работа обучающихся

Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость приведены в таблице 7.

Таблица 7 – Виды самостоятельной работы и ее трудоемкость

Вид самостоятельной работы	Всего, час	Семестр 8, час
1	2	3
Изучение теоретического материала дисциплины (ТО)	15	15
Курсовое проектирование (КП, КР)		
Расчетно-графические задания (РГЗ)		
Выполнение реферата (Р)		
Подготовка к текущему контролю	15	15

успеваемости (ТКУ)		
Домашнее задание (ДЗ)		
Контрольные работы заочников (КРЗ)		
Подготовка к промежуточной аттестации (ПА)	8	8
Всего:	38	38

5. Перечень учебно-методического обеспечения

для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся указаны в п.п. 7-11.

6. Перечень печатных и электронных учебных изданий

Перечень печатных и электронных учебных изданий приведен в таблице 8.

Таблица 8– Перечень печатных и электронных учебных изданий

Шифр/ URL адрес	Библиографическая ссылка	Количество экземпляров в библиотеке (кроме электронных экземпляров)
(004.4 / Л 36)	Левин, М. П.. Параллельное программирование с использованием OpenMP: учебное пособие/ М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 120 с.	10
(004.4(075) / Р 58)	Робачевский, А.. Операционная система UNIX: учебное пособие/ А. Робачевский, С. Немнюгин, О. Стесик. - 2-е изд.. - СПб.: БХВ - Петербург, 2008. - 635 с.: рис.. - Предм. указ.: с. 619 - 635. - На с. 599 - 618: Глоссарий. - ISBN 978-5-94157-538-1: 199.00 р.	27
(004.451(075) Г 68)	Гордеев, А. В. Операционные системы: учебник/ А. В. Гордеев. - 2-е изд.. - СПб.: ПИТЕР, 2006. - 415 с.: рис. - (Учебник для вузов).	37
(004.451 Д 27)	Дейтел Х. М., П. Дейтел Дж., Чофнес Д. Р. Операционные системы. Основы и принципы. -3-е изд.. -М.: Бином, 2006.-1024 с.	10
004.4 К 66	Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р. Алгоритмы: Построение и анализ. М.: МЦНМО, 2001, 960 с.	3
681.3 Т 18	Таненбаум, Эндрю. Архитектура компьютера. - 4-е изд. - М. и др. : Питер, 2005. - 698 с.	3
004 Т 18	Таненбаум, Э. Распределенные системы : принципы и парадигмы . Пер. с англ. В. Горбунков. - СПб. : ПИТЕР, 2004. - 876 с.	12
681.3 Т 18	Таненбаум Э. Современные операционные системы -2-е изд. -СПб. и др.: Питер, 2005.-1038 с.	2
004.4 В 63	Воеводин, В. В. Параллельные вычисления : учебное пособие для вузов / В. В. Воеводин, Вл. В. Воеводин. - СПб. : БХВ - Петербург, 2002. - XII, 608 с.	1

	Голуб Дж., Ван Лоун Ч. Матричные вычисления. М.: Мир, 1999, 548 с.	
	MPI: A Message-Passing Interface Standard. Version 3.1. Message Passing Interface Forum. June 4, 2015 http://www.mpi-forum.org/docs/mpi-3.1/mpi31-report.pdf	
	OpenMP Application Program Interface. Version 3.0 May 2008. http://www.openmp.org/mp-documents/spec30.pdf	
	Charles E. Leiserson, Harald Prokop. A Minicourse on Multithreaded Programming. MIT Laboratory for Computer Science, 1998 https://www.researchgate.net/publication/2817427_A_Minicourse_on_Multithreaded_Programming	
	Maurice Herlihy, Nir Shavit. The Art of Multiprocessor Programming. Morgan Kaufmann Publishers, 2008. 529 p. http://coolfire.insomnia247.nl/c&mt/Herlihy,%20Shavit%20-%20The%20art%20of%20multiprocessor%20programming.pdf	

7. Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины приведен в таблице 9.

Таблица 9 – Перечень электронных образовательных ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

URL адрес	Наименование

8. Перечень информационных технологий

8.1. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса по дисциплине.

Перечень используемого программного обеспечения представлен в таблице 10.

Таблица 10– Перечень программного обеспечения

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

8.2. Перечень информационно-справочных систем,используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Перечень используемых информационно-справочных систем представлен в таблице 11.

Таблица 11– Перечень информационно-справочных систем

№ п/п	Наименование
	Не предусмотрено

9. Материально-техническая база

Состав материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине, представлен в таблице12.

Таблица 12 – Состав материально-технической базы

№ п/п	Наименование составной части материально-технической базы	Номер аудитории (при необходимости)
1	Мультимедийная лекционная аудитория	
2	Специализированная лаборатория «Программных систем»	

10. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

10.1. Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведен в таблице 13.

Таблица 13 – Состав оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

Вид промежуточной аттестации	Перечень оценочных средств
Экзамен	Список вопросов к экзамену; Тесты.

10.2. В качестве критериев оценки уровня сформированности (освоения) компетенций обучающимися применяется 5-балльная шкала оценки сформированности компетенций, которая приведена в таблице 14. В течение семестра может использоваться 100-балльная шкала модульно-рейтинговой системы Университета, правила использования которой, установлены соответствующим локальным нормативным актом ГУАП.

Таблица 14 –Критерии оценки уровня сформированности компетенций

Оценка компетенции	Характеристика сформированных компетенций
5-балльная шкала	
«отлично» «зачтено»	– обучающийся глубоко и всесторонне усвоил программный материал; – уверенно, логично, последовательно и грамотно его излагает; – опираясь на знания основной и дополнительной литературы, тесно привязывает усвоенные научные положения с практической деятельностью направления; – умело обосновывает и аргументирует выдвигаемые им идеи; – делает выводы и обобщения; – свободно владеет системой специализированных понятий.
«хорошо» «зачтено»	– обучающийся твердо усвоил программный материал, грамотно и по существу излагает его, опираясь на знания основной литературы; – не допускает существенных неточностей; – увязывает усвоенные знания с практической деятельностью направления; – аргументирует научные положения; – делает выводы и обобщения; – владеет системой специализированных понятий.
«удовлетворительно» «зачтено»	– обучающийся усвоил только основной программный материал, по существу излагает его, опираясь на знания только основной литературы; – допускает несущественные ошибки и неточности; – испытывает затруднения в практическом применении знаний направления; – слабо аргументирует научные положения; – затрудняется в формулировании выводов и обобщений; – частично владеет системой специализированных понятий.

Оценка компетенции 5-балльная шкала	Характеристика сформированных компетенций
«неудовлетворительно» «не зачтено»	<ul style="list-style-type: none"> – обучающийся не усвоил значительной части программного материала; – допускает существенные ошибки и неточности при рассмотрении проблем в конкретном направлении; – испытывает трудности в практическом применении знаний; – не может аргументировать научные положения; – не формулирует выводов и обобщений.

10.3. Типовые контрольные задания или иные материалы.

Вопросы (задачи) для экзамена представлены в таблице 15.

Таблица 15 – Вопросы (задачи) для экзамена

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для экзамена	Код индикатора
1	Вычислительные процессы. Формальная модель. Свойства процесса.	ПК-2.3.1 ПК-2.У.1
2	Система процессов. Независимые процессы. Взаимодействие процессов.	ПК-2.В.1 ПК-10.3.1
3	Показатели параллельных ВС и вычислений	ПК-10.У.1
4	Классы параллельных ВС	ПК-10.В.1
5	Синхронная и асинхронная организация обмена сообщениями. RDMA.	
6	MPI: Стандарт MPI. Общие понятия. Области связи и коммутаторы.	
7	Общие процедуры MPI: Инициализация, Завершение.	
8	Общие процедуры MPI: Определение общего числа параллельных процессов в группе. Определение номера процесса в группе.	
9	MPI: Прием/передача сообщений между отдельными процессами.	
10	MPI: Групповые (коллективные) взаимодействия. Рассылка целого сообщения процессам. Сборка данных от процессов.	
11	MPI: Групповые (коллективные) взаимодействия: Рассылка частей сообщения процессам. Сборка частей сообщения с процессов.	
12	MPI: Функции поддержки распределенных операций: Выполнение глобальных операций с возвратом результатов в главный процесс. Выполнение глобальных операций с возвратом результатов во все процессы.	
13	MPI: Синхронизация процессов.	
14	MPI: Виртуализация топологии.	
15	Программирование MVC с общей памятью. Процессы и потоки в POSIX	
16	OpenMP: Общие понятия. Область применения.	
17	Директивы OpenMP: Директивы для определения параллельной области.	
18	OpenMP: Директивы для распределения вычислений внутри параллельной области: Директива for.	
19	OpenMP: Директивы для распределения вычислений внутри параллельной области: Директива sections.	

	Директива single.
20	OpenMP: Директивы для распределения вычислений внутри параллельной области: Объединение директив parallel и for (sections).
21	Проблема тупиков в параллельных программных системах. Виды тупиков. Методы борьбы с тупиками в параллельных программных системах.
22	Централизованный метод обнаружения тупиков в параллельных программных системах
23	Децентрализованный метод обнаружения тупиков в параллельных программных системах
24	Предотвращение тупиков в параллельных программных системах
25	Синхронизация логического времени в параллельных программных системах
26	Синхронизация физического времени в параллельных программных системах
27	Распределение процессов по процессорам. Критерии и подходы. Распределение статической системы процессов.
28	Распределение процессов по процессорам. Централизованный метод “Up-Down”
29	Распределение процессов по процессорам. Иерархический алгоритм.
30	Распределение процессов по процессорам. Стохастические алгоритмы.
31	Формальные модели параллельных вычислений.
32	Модель мультипоточковых вычислений Блума-Лейзерсона.
33	Планирование мультипоточковых вычислений. «Жадный планировщик»
34	Планирование мультипоточковых вычислений. Планировщик «Занятые листья»
35	Планирование мультипоточковых вычислений. Планировщик «Похититель работ»
36	Определение общего числа параллельных процессов в группе.
37	Определение номера процесса в группе. MPI
38	Прием/передача сообщений между отдельными процессами.
39	Одновременная передача и прием сообщения между отдельными процессами.
40	Синхронизация процессов.
41	Программирование с директивой for
42	Программирование с директивой sections
43	Программирование с директивой single.
44	Объединение директив parallel и for (sections).
45	Применение директив синхронизации.
46	Предотвращение тупиков в централизованных параллельных программных системах.
47	Предотвращение тупиков в распределенных параллельных программных системах.

48	Синхронизация логического времени в параллельных программных системах	
----	---	--

Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета представлены в таблице 16.

Таблица 16 – Вопросы (задачи) для зачета / дифф. зачета

№ п/п	Перечень вопросов (задач) для зачета / дифф. зачета	Код индикатора
	Учебным планом не предусмотрено	

Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы представлены в таблице 17.

Таблица 17 – Перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы

№ п/п	Примерный перечень тем для курсового проектирования/выполнения курсовой работы	
	Учебным планом не предусмотрено	

Вопросы для проведения промежуточной аттестации в виде тестирования представлены в таблице 18.

Таблица 18 – Примерный перечень вопросов для тестов

№ п/п	Примерный перечень вопросов для тестов	Код индикатора
1.	Функция MPI_Gather в стандарте MPI для параллельных вычислительных систем с обменом сообщениями	ПК-2.3.1 ПК-2.У.1
2.	Функция MPI_Barrier в стандарте MPI для параллельных вычислительных систем с обменом сообщениями выполняет (выберите один правильный ответ): А. барьерную синхронизацию Б. обмен данными В. распределенные вычисления Г. системные функции	ПК-2.В.1 ПК-10.3.1 ПК-10.У.1 ПК-10.В.1
3.	Выберите все варианты, соответствующие описанию интерфейса OpenMP (Open Multi-Processing) для параллельных вычислительных систем с общей памятью: А. Программный интерфейс (API) для обмена сообщениями Б. Позволяет потокам обмениваться данными через общую память В. Применяется многоядерных и многопроцессорных систем Г. Применяется для языка программирования Python Д. Разрабатывается в рамках OpenMP ARB (Architecture Review Boards)	
4.	В стандарте OpenMP для параллельных вычислительных систем с общей памятью потоки создаются (выберите один правильный ответ): А. сразу при старте программы Б. вызовом специальной функции создания потоков В. перед входом в параллельную область Г. в зависимости от нагрузки	
5.	Укажите правильную последовательность приоритетов (сначала – более приоритетные, потом менее) способы определения (задания) количества потоков в параллельной области в стандарте OpenMP для параллельных вычислительных систем с общей памятью:	

	А. Параметр num_threads директивы parallel Б. Как определено в конкретном компиляторе OpenMP В. Переменная окружения OMP_NUM_THREADS Г. Функция omp_set_num_threads	
6.	Какие типы параллельных переменных могут определяться для параллельной области в стандарте OpenMP для параллельных вычислительных систем с общей памятью	
7.	Какая #pragma применяется для распараллеливания циклов (распределение итераций цикла между потоками) в стандарте OpenMP для параллельных вычислительных систем с общей памятью	
8.	На какие два принципиальных вида с точки зрения возможности обмена данными разделяются параллельные вычислительные системы?	
9.	Установите соответствие между типами параллельных систем и их описанием. 1. Симметричные мультимикропроцессорные системы (SMP) 2. Системы с физически распределенной, но логически общей памятью 3. Системы с обменом сообщениями А. Независимое адресное пространство: адрес обращения в память – адрес локальной памяти Б. Общее адресное пространство, но обращение к памяти двух типов: напрямую к своей локальной памяти и к чужой памяти через систему связи В. Общее адресное пространство: программа, идущая на любом процессоре системы, может обратиться к любой ячейке памяти (общего адресного пространства)	
10.	Параметр reduction применительно к переменным в стандарте OpenMP для параллельных вычислительных систем с общей памятью определяет (выберите один правильный ответ): А. Уменьшение переменной Б. Операцию редукции В. Исключение переменной	
11.	Какая директива позволяет задать критическую секцию для участка кода в стандарте OpenMP для параллельных вычислительных систем с общей памятью определяет (выберите один правильный ответ): А. master Б. critical В. atomic Г. barrier Д. single Е. parallel	
12.	Выберите правильное описание работы неблокирующей функции отправки сообщениями в параллельных системах с обменом сообщениями: А. Работа отправителя будет заблокирована до тех пор, пока получатель не получит данные Б. Работа отправителя будет заблокирована до тех пор, пока данные из буфера не будут считаны средой выполнения	

	В. Отправитель сможет продолжить работу сразу после вызова функции	
13.	Укажите правильную последовательность операций при операции удаленного доступа к памяти на запись в параллельных системах с обменом сообщениями: А. Обмен данными Б. Операция отправки данных В. Чтение данных из локальной памяти Г. Запись данных в локальную память Д. Операция приема данных	
14.	Атомарный удаленный доступ к памяти в параллельных системах с обменом сообщениями это (выберите один правильный ответ): А. Чтение данных из удаленной памяти Б. Обращение к одному значению удаленной памяти В. Чтение из удаленной памяти или запись в удаленную память Г. Чтение из удаленной памяти + изменение + запись в удаленную память	
15.	Выберите все варианты, соответствующие описанию интерфейса обмена сообщениями MPI для параллельных вычислительных систем с обменом сообщениями: А. Программный интерфейс (API) для обмена сообщениями Б. Позволяет потокам обмениваться данными через общую память В. Применяется только в специализированных системах Г. Стандартизируется в рамках организации MPI Forum Д. Содержит описание интерфейсов, которые должны поддерживаться как вычислительной платформой, так и пользовательскими программами	

Перечень тем контрольных работ по дисциплине обучающихся заочной формы обучения, представлены в таблице 19.

Таблица 19 – Перечень контрольных работ

№ п/п	Перечень контрольных работ
	Не предусмотрено

10.4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания индикаторов, характеризующих этапы формирования компетенций, содержатся в локальных нормативных актах ГУАП, регламентирующих порядок и процедуру проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся ГУАП.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

11.1. Методические указания для обучающихся по освоению лекционного материала

Основное назначение лекционного материала – логически стройное, системное, глубокое и ясное изложение учебного материала. Назначение современной лекции в рамках дисциплины не в том, чтобы получить всю информацию по теме, а в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. В учебном процессе лекция выполняет методологическую, организационную и информационную функции. Лекция раскрывает понятийный аппарат

конкретной области знания, её проблемы, дает цельное представление о дисциплине, показывает взаимосвязь с другими дисциплинами.

Планируемые результаты при освоении обучающимися лекционного материала:

- получение современных, целостных, взаимосвязанных знаний, уровень которых определяется целевой установкой к каждой конкретной теме;
- получение опыта творческой работы совместно с преподавателем;
- развитие профессионально-деловых качеств, любви к предмету и самостоятельного творческого мышления.
- появление необходимого интереса, необходимого для самостоятельной работы;
- получение знаний о современном уровне развития науки и техники и о прогнозе их развития на ближайшие годы;
- научиться методически обрабатывать материал (выделять главные мысли и положения, приходить к конкретным выводам, повторять их в различных формулировках);
- получение точного понимания всех необходимых терминов и понятий.

Лекционный материал может сопровождаться демонстрацией слайдов и использованием раздаточного материала при проведении коротких дискуссий об особенностях применения отдельных тематик по дисциплине.

11.2. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ

В ходе выполнения лабораторных работ обучающийся должен углубить и закрепить знания, практические навыки, овладеть современной методикой и техникой эксперимента в соответствии с квалификационной характеристикой обучающегося. Выполнение лабораторных работ состоит из экспериментально-практической, расчетно-аналитической частей и контрольных мероприятий.

Выполнение лабораторных работ обучающимся является неотъемлемой частью изучения дисциплины, определяемой учебным планом, и относится к средствам, обеспечивающим решение следующих основных задач обучающегося:

- приобретение навыков исследования процессов, явлений и объектов, изучаемых в рамках данной дисциплины;
- закрепление, развитие и детализация теоретических знаний, полученных на лекциях;
- получение новой информации по изучаемой дисциплине;
- приобретение навыков самостоятельной работы с лабораторным оборудованием и приборами.

Задание и требования к проведению лабораторных работ

Процессы: вне зависимости от количества процессов в задании программа должна работать корректно на любом числе процессов. Под термином «корректно» подразумевается:

- Выдавать одинаковый результат в задачах, где от числа процессов не зависит математический результат вычислений (первая, часть заданий второй и третья лабораторные работы).
- Выдавать различные, но правильные результаты в задачах, где математический результат зависит от числа процессов (например – часть задач 2 лабораторной работы).

Вычисления: использование распределенных вычислений должно распределять нагрузку и сокращать время выполнения задачи, а не увеличивать время и количество вычислений относительно однозадачного выполнения. Например:

- Если вектор должен быть передан от одного процесса другим процессам, то этот вектор нужно создавать только в том процессе, который будет рассылать данные, а не во всех.

Коммуникации: так как вычислители (процессы, процессоры или вычислительные машины, которые реализуют вычисления) заведомо быстрее, чем коммуникации, следовательно, передача данных между процессорами должна быть минимально необходимой. Например:

- Если при сортировке матрицы отдельные процессы должны сортировать отдельные столбцы (строки), то не следует передавать процессам всю матрицу. Передавать следует непосредственно строки, которые будут отсортированы.
- Особенно не стоит использовать метод AllToAll для транспонирования матриц.

Задания для лабораторных работ

Лабораторная работа №1. Распределенные вычисления над структурными данными.

Задание: Переслать вектор, размерности M, N процессам, используя различные виды связи между процессами. Элементы вектора задаются произвольно. Элементы вектора пересылаемого и принятого вектора, а также время выполнения должны быть выведены на экран.

Лабораторная работа №2. Функции MPI для обработки пересылки данных между распределенными процессами.

Задание: Сгенерировать в каждом из N процессов вектор чисел. Размерность вектора – M . Произвести поэлементную обработку всех векторов и поместить результирующий вектор в каком-либо процессе. В работе использовать средства MPI для организации распределенных вычислений.

Лабораторная работа №3. Параллельная сортировка данных в распределенных комплексах.

Задание: Произвести сортировку элементов в столбцах (или строках) матрицы размерности $N \times M$, с использованием распределения вычислений между процессами средствами MPI.

Замечание: Программа должна работать корректно на любом количестве процессов. Матрица при этом не должна менять свои размеры.

Лабораторная работа №4. Параллельные итерационные вычисления в параллельных системах с общей памятью. Распараллеливание операций обработки векторов векторами.

Реализовать и распараллелить с помощью технологии OpenMP различные операции над векторами размерности N .

Лабораторная работа №5. Распараллеливание вычислений в параллельных системах с общей памятью.

Реализовать и распараллелить с помощью OpenMP алгоритмы типовых задач обработки информации (задачи определяются вариантом задания).

Варианты индивидуальных заданий на лабораторные работы выдает преподаватель.

Структура и форма отчета о лабораторной работе

- Задание.
- Текст программы.
- Результат работы программы.
- Выводы

Требования к оформлению отчета о лабораторной работе

Отчет о лабораторной работе оформляется в соответствии с требованиями оформления отчетов о НИР, курсовых и дипломных проектов следует пользоваться ГОСТ 7.32-2001 издания 2008 года (http://guap.ru/guap/standart/obl_main.shtml)

Отчет оформляется в электронном и бумажном виде.

11.3. Методические указания для обучающихся по прохождению самостоятельной работы

В ходе выполнения самостоятельной работы, обучающийся выполняет работу по заданию и при методическом руководстве преподавателя, но без его непосредственного участия.

В процессе выполнения самостоятельной работы, у обучающегося формируется целесообразное планирование рабочего времени, которое позволяет им развивать умения и навыки в усвоении и систематизации приобретаемых знаний, обеспечивает высокий уровень успеваемости в период обучения, помогает получить навыки повышения профессионального уровня.

Методическими материалами, направляющими самостоятельную работу обучающихся являются учебно-методический материал по дисциплине.

11.4. Методические указания для обучающихся по прохождению текущего контроля успеваемости.

Текущий контроль успеваемости предусматривает контроль качества знаний обучающихся, осуществляемого в течение семестра с целью оценивания хода освоения дисциплины.

11.5. Методические указания для обучающихся по прохождению промежуточной аттестации.

Промежуточная аттестация обучающихся предусматривает оценивание промежуточных и окончательных результатов обучения по дисциплине. Она включает в себя:

- экзамен – форма оценки знаний, полученных обучающимся в процессе изучения всей дисциплины или ее части, навыков самостоятельной работы, способности применять их для решения практических задач. Экзамен, как правило, проводится в период экзаменационной сессии и завершается аттестационной оценкой «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Лист внесения изменений в рабочую программу дисциплины

Дата внесения изменений и дополнений. Подпись внесшего изменения	Содержание изменений и дополнений	Дата и № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой