Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Костровец Лариса Борисовна
Должность: директор
Дата подписания: 02.10.2026 00:12:42
Уникальный программный ключ:
6882606104c36dbde41c4ab93a65382136a292d6

Приложение 4
к образовательной программе

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.01.ДВ.05.01 Введение в параллельные вычисления
(индекс, наименование дисциплины в соответствии с учебным планом)

09.03.03 Прикладная информатика
(код, наименование направления подготовки/специальности)

Прикладная информатика в управлении корпоративными информационными системами
(наименование образовательной программы)

Очная форма обучения
(форма обучения)

Год набора – 2026
Донецк

Автор(ы)-составитель(и) РПД:

Верзилов Александр Николаевич, канд. физ.-мат. наук, доцент, доцент кафедры информационных технологий

Заведующий кафедрой:

Брадул Наталья Валерьевна, канд. физ.-мат. наук, заведующий кафедрой информационных технологий

Рабочая программа дисциплины Б1.В.01.ДВ.05.01 Введение в параллельные вычисления одобрена на заседании кафедры информационных технологий факультета государственной службы и управления Донецкого филиала РАНХиГС.

Протокол № 7 от «05 » марта 2026 г.

СОДЕРЖАНИЕ

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

2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы

3. Содержание и структура дисциплины

4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии их оценивания

5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам

6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине

7. Методические материалы по освоению дисциплины

8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

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

Дисциплина Б1.В.01.ДВ.05.01 Введение в параллельные вычисления обеспечивает формирование у обучающихся следующих общепрофессиональных компетенций*:

ОТФ/ТФ и реквизиты ПС *(при наличии)***	**Код компетенции ****	**Наименование компетенции****	**Код индикатора достижения компетенций****	**Наименование индикатора достижения компетенций ****	**Образовательный результат ****
-	ПК-1	Способность адаптировать бизнес-процессы заказчика ИС к возможностям типовой ИС в рамках выполнения работ по созданию (модификации) и сопровождению ИС	ПК-1.1	Собирает исходные данные у заказчика ИС о его бизнес-процессах	**Знает** основы организации производства. **Умеет** анализировать исходную документацию в рамках выполнения работ по созданию (модификации) и сопровождению ИС

** Дисциплина может формировать компетенцию полностью или частично.*
***Должно соответствовать Приложению 1 к образовательной программе*

2. Объем и место дисциплины в структуре образовательной программы

Общий объем дисциплины:

2,00 з.е., 72 ак.час

Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий: 32 ак. час на контактную работу с преподавателем, из них 16 ак. час на лекции и 16 ак. час на практические занятия. 36 ак. час на самостоятельную работу обучающихся.

Б1.В.01.ДВ.05.01 Введение в параллельные вычисления реализуется на 6-м семестре 3-го курса после изучения дисциплин:

- Архитектура вычислительных систем;
- Разработка программных приложений на C#/C++.

.

3. Содержание и структура дисциплины

3.1. Структура дисциплины

Очная форма обучения

№ п/п	Наименование тем и (или) разделов	ВСЕГО	Объем дисциплины, ак.час												Форма текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации
			Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий									Самостоятельная работа			
			Период теоретического обучения						Период промежуточной аттестации (сессия)						
			Занятия лекционного типа		Занятия семинарского типа		ИК	КСР	КЭ	Каттэк	Контроль	СРкр	СРэк	СР	
			Л	ВЛ	ЛР	ПЗ									
РАЗДЕЛ 1. Технология параллельного программирования OpenMP															
Тема 1	Параллельное программирование. Введение в OpenMP	16	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	8	Устный опрос, контрольные задания, КТ№1
Тема 2	Основы OpenMP	18	4	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	10	Устный опрос, контрольные задания, КТ№1
РАЗДЕЛ 2. Основы технологии параллельного программирования MPI															
Тема 3	Введение в технологию MPI	8	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	Устный опрос, контрольное задание, КТ№2

Тема 4	Операции взаимодействия процессов	18	4	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	10	Устный опрос, контрольные задания, КТ№2
Тема 5	Показатели эффективности параллельной программы	8	2	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	4	Устный опрос, контрольное задание, КТ№2
Промежуточная аттестация		4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	Зачет
Итого		**72**	**16**	**0**	**0**	**16**	**0**	**0**	**0**	**4**	**0**	**0**	**0**	**36**	

Используемые сокращения:

Л – лекции - занятия, предусматривающие преимущественную передачу учебной информации обучающимся педагогическими работниками организации и (или) лицами, привлекаемыми организацией к реализации образовательных программ на иных условиях,).

ВЛ – видео лекции.

ЛР – лабораторные работы.

ПЗ – практические занятия (за исключением лабораторных работ).

ИК – индивидуальные консультации.

КСР – контроль самостоятельной работы

КЭ – консультации перед экзаменом

Каттэк – контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий

Контроль - контактная работа на аттестацию в период экзаменационных сессий для заочной формы обучения

СРкр – самостоятельная работа на подготовку курсовой работы/ курсового проекта.

СРэк – самостоятельная работа на подготовку к экзамену.

СР – самостоятельная работа в семестре на подготовку к учебным занятиям.

3.2. Содержание дисциплины

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ OPENMP

Тема 1. Параллельное программирование. Введение в OpenMP. ПК-1.1

Суть параллельного программирования. Параллельные архитектуры. Этапы разработки параллельных программ.

Методы распараллеливания (декомпозиции) программ. Распараллеливание циклов. Преобразование гнезд циклов. Проблемы разработки параллельных программ. Гонки данных. Блокировка.

Модель параллельной программы OpenMP. Модель памяти, используемая в OpenMP. Параллельные регионы.

Реализация технологии OpenMP. Директивы компилятора. Библиотека функций. Переменные окружения. Настройка Visual Studio Code для работы с OpenMP на C/C++. Настройка переменной среды. Установка расширений.

Тема 2. Основы OpenMP. ПК-1.1

Директивы управления регионами и потоками: директива создания параллельного региона; директива, требующая исполнения одним потоком; директива, требующая исполнения главным потоком программы.

Директивы распределения вычислений: директива распределения итераций цикла между потоками параллельного региона; директива для исполнения участка кода в том порядке, в котором он выполняется в последовательной программе; директива задания области нециклического параллелизма; директива объявления списка локальных переменных потоков, сохраняемых между параллельными регионами.

Директивы синхронизации: директива явной барьерной синхронизации; директива, объявляющая критическую секцию; директива блокировки доступа к общей переменной; директива актуализации значений переменных.

Переменные окружения. Способы задания значений. Назначение. Библиотека функций OpenMP.

Отладка OpenMP кода. Настройка производительности OpenMP кода. Автоматическое распараллеливание. Профилирование программы. Иерархия памяти.

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ MPI

Тема 3. Введение в технологию MPI. ПК-1.1

Спецификация технологии MPI. Основные версии стандарта. Составные части.

Основные понятия интерфейса MPI. Основные группы функций. Понятие коммуникатора. Типы данных MPI.

Настройка MPI в VS Code на локальной машине. Установка MS MPI. Конфигурирование VS Code

Тема 4. Операции взаимодействия процессов. ПК-1.1

Коммуникационные операции приема и передачи сообщений. Разновидности операций передачи.

Блокирующие коммуникационные операции. Стандартный режим выполнения операции. Неблокирующие коммуникационные операции.

Пересылка сообщений между двумя процессами (пример).

Особенности коллективных операций. Отличие коллективных операций от операций типа «точка-точка».

Синхронизация процессов. Широковещательная передача. Функции Scatter, Gather и Allgather.

Редукция. Общие операции редукции.

Тема 5. Показатели эффективности параллельной программы. ПК-1.1

Параллельное ускорение и параллельная эффективность. Установка аффинности. Метод Амдала. Метод Густавсона-Барсиса.

Измерение времени выполнения параллельных программ. Инструменты измерения времени. Погрешность измерения времени.

4. Типы оценочных материалов, показатели и критерии оценивания

4.1. Оценочные материалы по дисциплине Б1.В.01.ДВ.05.01 Введение в параллельные вычисления входят в состав оценочных материалов по образовательной программе. Совокупность оценочных материалов по всем дисциплинам (модулям) образовательной программы составляет фонд оценочных средств (далее – ФОС). ФОС используется при проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с целью оценивания достижения обучающимися планируемых результатов обучения.

4.2. ФОС разработан как комплекс проверочных заданий различного типа и уровня сложности, включает критерии и шкалы оценивания, а также «ключи» правильных ответов. ФОС формируется как отдельный документ и хранится в электронном виде, доступ к ФОС предоставлен ограниченному кругу лиц.

4.3. Для самостоятельной работы обучающихся при подготовке к текущему контролю успеваемости и промежуточной аттестации в рабочих программах дисциплин размещены типовые проверочные задания, которые можно условно разделить на задания закрытого, комбинированного и открытого типов.

Задания закрытого типа – это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых необходимо выбрать один или несколько правильных.

Задания комбинированного типа – это тестовые задания, в которых каждый вопрос сопровождается готовыми вариантами ответов, из которых

необходимо выбрать один или несколько правильных и обосновать свой выбор.

Задания открытого типа – это задания, в которых на каждый вопрос должен быть предложен развернутый обоснованный ответ.

В зависимости от типа задания рекомендованы определенная последовательность выполнения и система оценивания выполнения заданий.

4.4. Типы заданий, сценарии выполнения, критерии оценивания

ТИП ЗАДАНИЯ	ИНСТРУКЦИЯ	СЦЕНАРИИ ВЫПОЛНЕНИЯ	КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ
Задание закрытого типа с выбором одного правильного ответа из нескольких вариантов предложенных	Прочитайте текст, выберите правильный ответ	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов. 2. Внимательно прочитать предложенные вариант-ты ответа. 3. Выбрать один верный ответ. 4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа (например, 3 или В).	Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква
Задание закрытого типа на установление соответствия	Прочитайте текст и установите соответствие	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидаются пары элементов. 2. Внимательно прочитать оба списка: список 1 – вопросы, утверждения, факты, понятия и т.д.; список 2 – утверждения, свойства объектов и т.д. 3. Сопоставить элементы списка 1 с элементами списка 2, сформировать пары элементов. 4. Записать попарно буквы и цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа (например, А1 или Б4).	Ответ считается верным, если правильно указаны цифры или буквы

Задание закрытого типа с выбором нескольких правильных ответов из нескольких вариантов предложенных	Прочитайте текст, выберите правильные ответы	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается несколько правильных ответов из предложенных вариантов. 2. Внимательно прочитать предложенные вариант-ты ответа. 3. Выбрать несколько правильных ответов. 4. Записать только номера (или буквы) выбранного варианта ответа (например, 1 4 или А Г).	Ответ считается верным, если правильно установлены все соответствия (позиции из одного столбца верно сопоставлены с позициями другого)

Задание закрытого типа на установление последовательности	Прочитайте текст и установите последовательность	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается последовательность элементов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Построить верную последовательность из предложенных элементов. 4. Записать буквы/цифры (в зависимости от задания) вариантов ответа в нужной последовательности (например, БВА или 135).	Ответ считается верным, если правильно указана вся последовательность цифр
Задание комбинированного типа с выбором одного правильного ответа из предложенных и обоснованием выбора	Прочитайте текст, выберите правильный ответ и запишите аргументы, обосновывающие выбор ответа	1. Внимательно прочитать текст задания и понять, что в качестве ответа ожидается только один из предложенных вариантов. 2. Внимательно прочитать предложенные варианты ответа. 3. Выбрать один верный ответ. 4. Записать только номер (или букву) выбранного варианта ответа. 5. Записать аргументы, обосновывающие выбор ответа (например, 4 текст обоснования).	Ответ считается верным, если правильно указана цифра или буква и приведены корректные аргументы, используемые при выборе ответа

Задание открытого типа с развернутым ответом	Прочитайте текст и запишите развернутый обоснованный ответ	1. Внимательно прочитать текст задания и понять суть вопроса. 2. Продумать логику и полноту ответа. 3. Записать ответ, используя четкие компактные формулировки. 4. В случае расчетной задачи, записать решение и ответ	Ответ считается верным: 1. Отсутствие фактических ошибок. 2. Раскрытие объема используемых понятий (полнота ответа). 3. Обоснованность ответа (наличие аргументов). 4. Логическая последовательность излагаемого материала.

4.5. Общая шкала оценивания результатов текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся с применением БРС

Оценка по шкале ECTS	**Сумма баллов за все виды учебной деятельности**	**Оценка по государственной шкале**	**Определение**
A	90 – 100	«Отлично»	отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
B	80 – 89	«Хорошо»	в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
C	75 – 79		в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)
D	70 – 74	«Удовлетворительно»	неплохо, но со значительным количеством недостатков
E	60 – 69		выполнение удовлетворяет минимальные критерии
FX	35 – 59	«Не удовлетворительно»	с возможностью повторной сдачи
F	0 – 34		с обязательным повторным изучением дисциплины (выставляется комиссией)

Соотношение баллов за текущий контроль успеваемости и промежуточную аттестацию, а также повторную промежуточную аттестацию:

Максимальная сумма баллов за текущий контроль успеваемости	Максимальная сумма баллов за промежуточную аттестацию	Максимальная итоговая балльная оценка	Максимальная сумма баллов за повторную промежуточную аттестацию
100 баллов	100 баллов	100 баллов	100 баллов

5. Формы аттестации, типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся, критерии и шкалы оценивания по контрольным точкам

5.1. В ходе реализации дисциплины Б1.В.01.ДВ.05.01 Введение в параллельные вычисления используются следующие формы текущего контроля успеваемости обучающихся (в том числе, задания к контрольным точкам): доклад, устный опрос, тестирование, контрольные задания.

Таблица 5.1.

Распределение баллов по видам учебной деятельности (БРС)

Раздел/Темы	Формы текущего контроля		КТ
	УО	КЗ	
Р-1. / Т-1	6	6	20
Р-1. / Т-2	6	6	
Р-2. / Т-3	6	6	20
Р-2. / Т-4	6	6	
Р-2. / Т-5	6	6	
Итого: 100 б	30	30	40

УО – устный опрос;
ТЗ – тестовое задание;
КЗ – контрольные задания;
КТ – контрольная точка;
ПЗ – практическое занятие;
Д – доклад;
КЗР – контрольные работы по разделу.

Критерии оценивания опроса:

Балы	Описание критерия
5-6	Обучающийся полно излагает материал (отвечает на вопрос), дает правильное определение основных понятий; обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только из учебника, но и самостоятельно составленные; излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.
3-4	Обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1–2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1–2 недочета в последовательности и языковом оформлении излагаемого.
1=2	Обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил; не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры; излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.
0	Обучающийся обнаруживает незнание вопроса, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал.

0* - в журнал академической группы не выставляется

Критерии оценивания контрольных заданий:

Балы	Описание критерия	
5-6	Свыше 90% правильных ответов.	Обучающийся демонстрирует глубокое познание в освоенном материале.
3-4	Свыше 70% правильных ответов.	Обучающимся материал освоен полностью, без существенных ошибок.
1-2	Реализовано более 50% поставленных задач	Обучающимся материал освоен не полностью, имеются значительные пробелы в знаниях.
0	Реализовано менее 30% поставленных задач.	Обучающимся материал не освоен, знания обучающегося ниже базового уровня.

0* - в журнал академической группы не выставляется

Критерии оценивания контрольных точек:

Балы	Описание критерия
18-20	Обучающимся задание выполнено без ошибок и в полном объеме.
12-17	Обучающимся в целом задание выполнено, имеются отдельные неточности или недостаточно полные ответы, не содержащие ошибок.
6-11	Обучающимся допущены отдельные ошибки при выполнении задания
0-5	У обучающегося отсутствуют ответы на большинство вопросов задачи, задание не выполнено или выполнено не верно.

0* - в журнал академической группы не выставляется

5.2. Типовые оценочные материалы для текущего контроля успеваемости обучающихся (вне контрольных работы):

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ OPENMP

Тема 1. Параллельное программирование. Введение в OpenMP

Контрольные вопросы для проведения опроса:

1. Перечислите основные этапы разработки параллельных программ.
2. Перечислите основные классы архитектур параллельных систем.
3. Что означает информационная зависимость между итерациями цикла программы?
4. В чём заключается смысл перестановки циклов? Привести пример.
5. Поясните термин «Гонка данных». Какие существуют способы борьбы с этим явлением?
6. Когда возникает ситуация, называемая активной блокировкой?
7. В чем заключается смысл инкрементального программирования относительно технологии OpenMP?
8. Какой числовой идентификатор соответствует главному потоку?
9. Поясните смысл операций Fork и Join.

10. Что задает переменная окружения OMP_NUM_THREADS?
11. Что относится к частной (private) памяти потока?
12. Какие компоненты включает в себя любая реализация технологии OpenMP?

Контрольные задания:

Задания открытого типа с развернутым ответом.

1. Напишите программу, в которой создается k нитей, и каждая нить выводит на экран свой номер и общее количество нитей в параллельной области в формате:

I am <номер нити> thread from <количество нитей> threads!

Входные данные: k – количество нитей в параллельной области. Выходные данные: k строк вида «I am <номер нити> thread from <количество нитей> threads!».

Пример входных и выходных данных

Входные данные	Выходные данные
3	I am 0 thread from 3 threads! I am 1 thread from 3 threads! I am 2 thread from 3 threads!

2. Модифицируйте программу таким образом, чтобы строку I am <номер нити> thread from <количество нитей> threads! выводили только нити с четным номером.

Пример входных и выходных данных

Входные данные	Выходные данные
3	I am 0 thread from 3 threads! I am 2 thread from 3 threads!

Тема 2. Основы OpenMP

Контрольные вопросы для проведения опроса:

1. С помощью какой директивы можно указать требуемое число потоков?
2. Какие операции можно указывать в качестве оператора reduction?
3. Поясните действие директивы #pragma omp master.
4. Какая директива позволяет превратить общие статические переменные в частные?
5. В каких случаях необходима синхронизация действий потоков? Какими директивами ее можно выполнить?
6. Что задает переменная окружения OMP_THREAD_LIMIT?
7. Можно ли управлять переменными окружения средствами ОС? Привести пример.
8. Каким заголовочным файлом подключается библиотека функций?
9. С помощью каких функций библиотеки можно производить оценку времени?
10. Что нужно проверить если распараллеливание программы не дало ожидаемого роста производительности?

Контрольные задания:

Задание открытого типа с развернутым ответом.

1. Изучите OpenMP-директивы создания параллельных секций sections и section.

2. Напишите программу, содержащую 3 параллельные секции, внутри каждой из которых должно выводиться сообщение:

[<Номер нити>]: came in section <Номер секции>

Вне секций внутри параллельной области должно выводиться следующее сообщение:

[<Номер нити>]: parallel region

3. Запустите приложение на 2-х, 3-х, 4-х нитях. Проследите, как нити распределяются по параллельным секциям.

Входные данные: k – количество нитей в параллельной области.

Выходные данные: k-строк вида «[<Номер нити>]: came in section <Номер секции>», k-строк вида «[<Номер нити>]: parallel region».

Пример входных и выходных данных

Входные данные	Выходные данные
3	[0]: came in section 1 [1]: came in section 2 [2]: came in section 3 [0]: parallel region [1]: parallel region [2]: parallel region

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ MPI

Тема 3. Введение в технологию MPI

Контрольные вопросы для проведения опроса:

1. Перечислите составные части реализации интерфейса MPICH?
2. Что называется коммуникатором? С каких символов начинаются имена встроенных коммуникаторов?
3. Какими параметрами определяется буфер данных?
4. Перечислите несколько базовых типов данных MPI.

Контрольное задание:

Задание открытого типа с развернутым ответом.

Напишите программу, в которой каждый процесс выводит на экран свой номер и общее количество процессов в приложении в формате:

I am <Номер процесса> process from <Количество процессов>

processes!

Входные данные: нет.

Выходные данные: строки в формате «I am <Номер процесса> process from <Количество процессов> processes! ».

Пример входных и выходных данных

Входные данные	Выходные данные
3	I am 0 process from 3 processes! I am 1 process from 3 processes! I am 2 process from 3 processes!

Тема 4. Операции обмена сообщениями

Контрольные вопросы для проведения опроса:

1. Сколько процессов участвуют в коммуникационных операциях типа «точка-точка»?
2. Чем синхронная передача сообщений отличается от стандартной передачи?
3. Какая потенциальная опасность существует при использовании блокирующего режима передачи сообщений?
4. Какой специальный объект используется для связи между функциями обмена и функциями опроса их завершения в неблокирующих операциях?
5. В чем заключается главное отличие коллективных операций от операций типа «точка-точка»?
6. Коллективные операции всегда выполняются в режиме с блокировкой или без блокировки?
7. С помощью какой функции части параллельного кода можно синхронизировать по времени?
8. Объясните различия между функциями MPI_Bcast и MPI_Scatter.

Контрольные задания:

Задание открытого типа с развернутым ответом.

1. Изучите основные MPI-функции блокирующей передачи сообщений точка-точка MPI_Send и MPI_Recv. Напишите MPI-программу, в которой с помощью данных функций процесс с номером 0 отправляет сообщение процессу с номером 1. Процесс 1 выводит полученное сообщение на экран.

Входные данные: нет.

Выходные данные: «receive message '<сообщение>'».

Пример входных и выходных данных

Входные данные	Выходные данные
	receive message '45'

2. Изучите основные MPI-функции неблокирующей передачи сообщений точка-точка MPI_Isend, MPI_Irecv, MPI_Wait. Напишите MPI-

программу, в которой с помощью данных функций процесс с номером 0 отправляет сообщение процессу с номером 1. Процесс 1 выводит полученное сообщение на экран.

Входные данные: нет.

Выходные данные: «receive message '<сообщение>'».

Пример входных и выходных данных

Входные данные	Выходные данные
	receive message '45'

Тема 5. Показатели эффективности параллельной программы

Контрольные вопросы для проведения опроса:

1. Перечислите недостатки метода аффинности.
2. Запишите формулу, отражающую прирост скорости выполнения параллельной программы на заданном количестве процессоров по сравнению с однопроцессорной системой.
3. Какая формула используется для оценки эффективности распараллеливания с учётом количества процессоров?
4. Какими методами можно измерить скорость выполнения программы?

Контрольное задание:

Задание открытого типа с развернутым ответом.

Напишите OpenMP-программу, которая вычисляет число π с точностью до N знаков после запятой. Используйте следующую формулу:

$$\pi = \left(\frac{4}{1+x_0^2} + \frac{4}{1+x_1^2} + \ldots + \frac{4}{1+x_{N-1}^2} \right) \times \frac{1}{N}, \text{ где } x_i = (i+0.5) \times \frac{1}{N}, \; i = \overline{0, N-1}$$

Распределите работу по нитям с помощью OpenMP-директивы for.

Оцените эффективность работы параллельной программы.

5.3. Один или несколько тематических блоков дисциплины завершаются контрольной точкой по разделу (далее – КТ). Текущий контроль успеваемости по дисциплине предусматривает не менее 2 (двух) и не более 10 (десяти) КТ в течение периода освоения дисциплины.

Максимальное количество баллов за любой тип работ в рамках КТ составляет 100 (сто) баллов.

Распределение весовых коэффициентов по КТ в рамках текущего контроля успеваемости по дисциплине и формулы расчета:

Наименование контрольной точки	Максимальное количество баллов за работу в рамках КТ, которое может набрать студент	Коэффициент веса контрольной точки	Результат контрольной точки, участвующий в формировании итоговой балльной оценки по дисциплине
КТ№1	100	0,20	20
КТ№2	100	0,20	20
Итого:	x	0,40	40

Формула расчета результата контрольной точки:

Результат контрольной точки = Количество баллов за работу в рамках КТ X Коэффициент веса контрольной точки.

5.4. Формы текущего контроля успеваемости обучающихся в рамках КТ и типовые оценочные материалы:

Контрольная точка №1.

Задание 1. Общие и частные переменные в OpenMP: параметр reduction

1. Напишите программу, в которой две нити параллельно вычисляют сумму чисел от 1 до N. Распределите работу по нитям с помощью оператора if языка C++. Для сложения результатов вычисления нитей воспользуйтесь OpenMP-параметром reduction.

Входные данные: целое число N – количество чисел.

Выходные данные: каждая нить выводит свою частичную сумму в формате «[Номер_нити]: Sum = <частичная_сумма>», один раз выводится общая сумма в формате «Sum = <сумма>».

Пример входных и выходных данных

Входные данные	Выходные данные
4	[0]: Sum = 3 [1]: Sum = 7 Sum = 10

2. Модифицируйте программу таким образом, чтобы она работала для k нитей.

Входные данные: целое число k – количество нитей, целое число N – количество чисел.

Выходные данные: каждая нить выводит свою частичную сумму в формате «[Номер_нити]: Sum = <частичная_сумма>», один раз выводится общая сумма в формате «Sum = <сумма>».

Пример входных и выходных данных

Входные данные	Выходные данные
2 4	[0]: Sum = 3 [1]: Sum = 7 Sum = 10
2 2	[0]: Sum = 1 [1]: Sum = 2 Sum = 3
3 2	[0]: Sum = 1 [1]: Sum = 2 [2]: Sum = 0 Sum = 3

Задание 2. Распараллеливание циклов в OpenMP: параметр schedule

Изучите параметр schedule директивы for. Модифицируйте программу «Сумма чисел» таким образом, чтобы дополнительно выводилось на экран сообщение о том, какая нить, какую итерацию цикла выполняет:

[<Номер нити>]: calculation of the iteration number <Номер итерации>.

Задайте k = 4, N = 10.

Заполните следующую таблицу распределения итераций цикла по нитям в зависимости от параметра schedule:

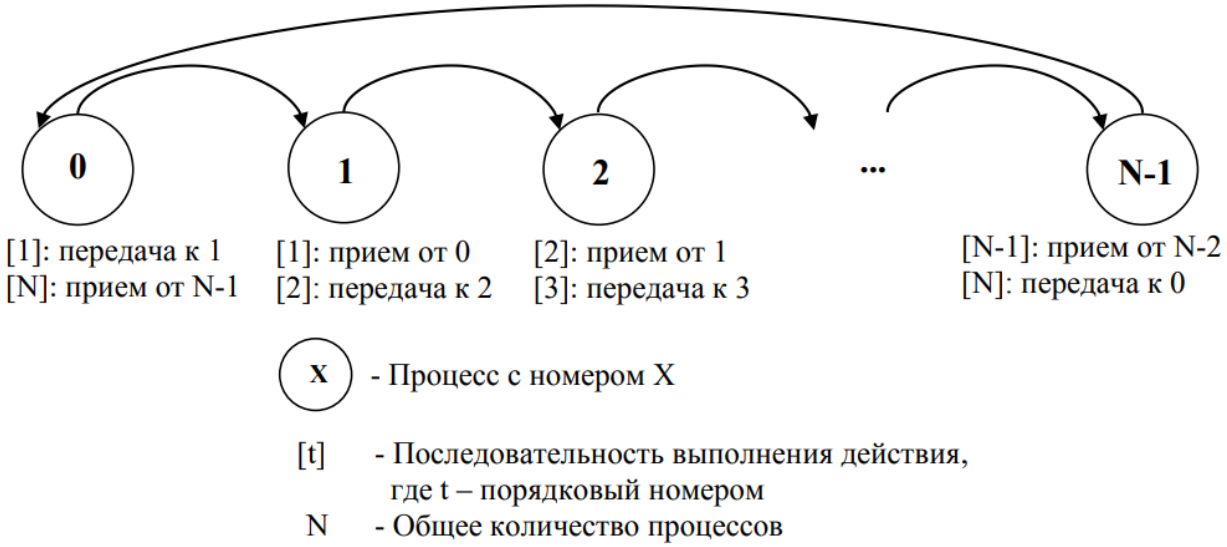
Номер итерации	Значение параметра schedule						
	static	static, 1	static, 2	dynamic	dynamic, 2	guided	guided, 2
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

8							
9							
10							

Контрольная точка №2.

Задание 1. Коммуникации «точка-точка»: схема «эстафетная палочка»

Напишите MPI-программу, реализующую при помощи блокирующих функций посылки сообщений типа точка-точка схему коммуникации процессов «эстафетная палочка», в которой каждый процесс дожидается сообщения от предыдущего и потом посылает следующему (см. рис. ниже). В качестве передаваемого сообщения используйте на процессе 0 его номер, на остальных процессах – инкрементированное полученное сообщение.



Входные данные: нет.

Выходные данные: «[<номер_процесса>]: receive message '<сообщение>'».

Пример входных и выходных данных для 4-х процессов

Входные данные	Выходные данные
	[0]: receive message '3' [1]: receive message '0' [2]: receive message '1' [3]: receive message '2'

Задание 2. Коллективные коммуникации: операции редукции

1. Изучите MPI-функцию для выполнения операций редукции над данными, расположенными в адресных пространствах различных процессов, MPI_Reduce. Реализуйте программу вычисления числа π, используйте функцию MPI_Reduce для суммирования результатов, вычисленных каждым процессом. Формула для вычисления числа:

$$\pi = \left(\frac{4}{1+x_0^2} + \frac{4}{1+x_1^2} + \ldots + \frac{4}{1+x_{N-1}^2} \right) \times \frac{1}{N}, \text{ где } x_i = (i+0.5) \times \frac{1}{N}, \; i = \overline{0, N-1}$$

2. Перепишите программу, используя вместо функции MPI_Reduce функции коммуникации «точка-точка». Сравните эффективность выполнения программ с коллективными и точечными обменами.

Входные данные: одно целое число N (точность вычисления).

Выходные данные: одно вещественное число pi.

Пример входных и выходных данных

Входные данные	Выходные данные
1000000000	3.14159265

6. Формы промежуточной аттестации, критерии и шкала оценивания, типовые оценочные материалы по дисциплине

6.1. Промежуточная аттестация проводится в форме *зачета* в шестом семестре в устной форме (устный опрос). Обучающемуся предлагаются 1-2 вопроса по каждой теме. Необходимо дать ответ в устной форме, подробно изложив ход мыслей. Ответ может быть дополнен схемами, диаграммами, графиками и т.д., изображаемых письменно.

6.2. Типовые оценочные материалы промежуточной аттестации.

РАЗДЕЛ 1. ТЕХНОЛОГИЯ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ OPENMP

Тема 1. Параллельное программирование. Введение в OpenMP. ПК-1.1

Вопросы для устного опроса:

1. Перечислите основные этапы разработки параллельных программ.
2. Перечислите основные классы архитектур параллельных систем.
3. Что означает информационная зависимость между итерациями цикла программы?
4. В чём заключается смысл перестановки циклов? Привести пример.
5. Поясните термин «Гонка данных». Какие существуют способы борьбы с этим явлением?
6. Когда возникает ситуация, называемая активной блокировкой?
7. В чем заключается смысл инкрементального программирования относительно технологии OpenMP?
8. Какой числовой идентификатор соответствует главному потоку?
9. Поясните смысл операций Fork и Join.
10. Что задает переменная окружения OMP_NUM_THREADS?
11. Что относится к частной (private) памяти потока?
12. Какие компоненты включает в себя любая реализация технологии OpenMP?

Тема 2. Основы OpenMP. ПК-1.1

Вопросы для устного опроса:

1. С помощью какой директивы можно указать требуемое число потоков?
2. Какие операции можно указывать в качестве оператора reduction?
3. Поясните действие директивы #pragma omp master.

4. Какая директива позволяет превратить общие статические переменные в частные?
5. В каких случаях необходима синхронизация действий потоков? Какими директивами ее можно выполнить?
6. Что задает переменная окружения OMP_THREAD_LIMIT?
7. Можно ли управлять переменными окружения средствами ОС? Привести пример.
8. Каким заголовочным файлом подключается библиотека функций?
9. С помощью каких функций библиотеки можно производить оценку времени?
10. Что нужно проверить если распараллеливание программы не дало ожидаемого роста производительности?

РАЗДЕЛ 2. ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ MPI

Тема 3. Введение в технологию MPI. ПК-1.1

Вопросы для устного опроса:

1. Перечислите составные части реализации интерфейса MPICH?
2. Что называется коммуникатором? С каких символов начинаются имена встроенных коммуникаторов?
3. Какими параметрами определяется буфер данных?
4. Перечислите несколько базовых типов данных MPI.

Тема 4. Операции обмена сообщениями. ПК-1.1

Вопросы для устного опроса:

1. Сколько процессов участвуют в коммуникационных операциях типа «точка-точка»?
2. Чем синхронная передача сообщений отличается от стандартной передачи?
3. Какая потенциальная опасность существует при использовании блокирующего режима передачи сообщений?
4. Какой специальный объект используется для связи между функциями обмена и функциями опроса их завершения в неблокирующих операциях?
5. В чем заключается главное отличие коллективных операций от операций типа «точка-точка»?
6. Коллективные операции всегда выполняются в режиме с блокировкой или без блокировки?
7. С помощью какой функции части параллельного кода можно синхронизировать по времени?

8. Объясните различия между функциями MPI_Bcast и MPI_Scatter.

Тема 5. Показатели эффективности параллельной программы. ПК-1.1

Вопросы для устного опроса:

1. Перечислите недостатки метода аффинности.
2. Запишите формулу, отражающую прирост скорости выполнения параллельной программы на заданном количестве процессоров по сравнению с однопроцессорной системой.
3. Какая формула используется для оценки эффективности распараллеливания с учётом количества процессоров?
4. Какими методами можно измерить скорость выполнения программы?

6.3. Критерии и шкала оценивания на основе БРС.

Соответствие государственной шкалы оценивания академической успеваемости и шкалы ECTS при экзамене

Оценка по шкале ECTS	**Сумма баллов за все виды учебной деятельности**	**Оценка по государственной шкале**	**Определение**
A	90 – 100	«Отлично»	отличное выполнение с незначительным количеством неточностей
B	80 – 89	«Хорошо»	в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 10%)
C	75 – 79		в целом правильно выполненная работа с незначительным количеством ошибок (до 15%)
D	70 – 74	«Удовлетворительно»	неплохо, но со значительным количеством недостатков
E	60 – 69		выполнение удовлетворяет минимальные критерии
FX	35 – 59	«Не удовлетворительно»	с возможностью повторной сдачи
F	0 – 34		с обязательным повторным изучением дисциплины (выставляется комиссией)

6.4. Описание дополнительных материалов и оборудования, необходимых для выполнения проверочных заданий

Компьютер с операционной системой MS Windows, на котором установлены MS Visual Studio, Visual Studio Code (или другой редактор).

7. Методические материалы по освоению дисциплины

Получение углубленных знаний по изучаемой дисциплине достигается за счет дополнительных часов к аудиторной работе самостоятельной работы студентов. Выделяемые часы целесообразно использовать для знакомства с дополнительной научной литературой по проблематике дисциплины, анализа научных концепций и современных подходов к осмыслению рассматриваемых проблем. К самостоятельному виду работы студентов относится работа в библиотеках, в электронных поисковых системах и т.п. по сбору материалов, необходимых для проведения практических занятий или выполнения конкретных заданий преподавателя по изучаемым темам. Студенты могут установить диалог с преподавателем, получать консультации по выполнению заданий. В качестве оценочных средств на протяжении семестра используются тестовые и иные задания.

Обучение по дисциплине «Введение в параллельные вычисления» предполагает изучение курса на аудиторных занятиях (лекции, практические занятия) и самостоятельную работу студентов. Практические занятия дисциплины предполагают их проведение в различных формах с целью выявления полученных знаний, умений, навыков и компетенций с проведением контрольных мероприятий. С целью обеспечения успешного обучения студент должен готовиться к лекции, поскольку она является важнейшей формой организации учебного процесса, поскольку:

– знакомит с новым учебным материалом;
– разъясняет учебные элементы, трудные для понимания;
– систематизирует учебный материал;
– ориентирует в учебном процессе.

Работа обучающегося на лекции:

Слушание и запись лекций – сложный вид вузовской аудиторной работы. Внимательное слушание и конспектирование лекций предполагает интенсивную умственную деятельность обучающегося. Краткие записи лекций, их конспектирование помогает усвоить учебный материал. Конспект является полезным тогда, когда записано самое существенное, основное и сделано это самим обучающимся.

Подготовка к практическим занятиям:

Подготовку к каждому практическому занятию каждый обучающийся должен начать с ознакомления с планом, который отражает содержание предложенной темы. Тщательное продумывание и изучение вопросов плана основывается на проработке текущего материала лекции, а затем изучения обязательной и дополнительной литературы, рекомендованную к данной теме. Если программой дисциплины предусмотрено выполнение практического задания, то его необходимо выполнить с учетом предложенной инструкции. Все новые понятия по изучаемой теме необходимо внести в глоссарий, который целесообразно вести с самого начала изучения курса. Результат такой работы должен проявиться в способности обучающегося свободно ответить на теоретические вопросы практического занятия, его выступлении и участии в коллективном обсуждении вопросов изучаемой темы, правильном выполнении практических заданий и контрольных работ.

Структура практического занятия:

В зависимости от содержания и количества отведенного времени на изучение каждой темы может практическое занятие состоять из четырех-пяти частей:

1. Устный опрос.

2. Обсуждение теоретических вопросов, определенных программой дисциплины.

3. Выполнение практических заданий с последующим разбором полученных результатов или обсуждение практического задания, выполненного дома.

4. Подведение итогов занятия.

Работа с литературными источниками:

В процессе подготовки к практическим занятиям, обучающимся необходимо обратить особое внимание на самостоятельное изучение рекомендованной учебно-методической (а также научной и популярной) литературы. Самостоятельная работа с учебниками, учебными пособиями, научной, справочной и популярной литературой, материалами периодических изданий и Интернета, статистическими данными является наиболее эффективным методом получения знаний, позволяет значительно активизировать процесс овладения информацией, способствует более глубокому усвоению изучаемого материала, формирует у обучающихся свое отношение к конкретной проблеме. Более глубокому раскрытию вопросов способствует знакомство с дополнительной литературой, рекомендованной преподавателем, что позволяет обучающимся проявить свою индивидуальность в рамках выступления на занятиях, выявить широкий спектр мнений по изучаемой проблеме.

8. Учебная литература и ресурсы информационно-телекоммуникационной сети Интернет

8.1. Основная литература

1. Земляная, Е. В. Введение в параллельное программирование на основе технологий MPI и OpenMP : учебное пособие / Е. В. Земляная, М. В. Башашин. — Дубна : Государственный университет «Дубна», 2023. — 101 с. — ISBN 978-5-89847-696-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/369416 (дата обращения: 07.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
2. Введение в параллельные вычисления : учебное пособие / В. В. Соснин, П. В. Балакшин, Д. С. Шилко [и др.]. — Санкт-Петербург : НИУ ИТМО, 2023. — 128 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/460118 (дата обращения: 07.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3. Парфенов, Д. В. Параллельные и распределенные вычисления : учебное пособие / Д. В. Парфенов, Д. А. Петрусевич. — Москва : РТУ МИРЭА, 2022. — 92 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/265658 (дата обращения: 07.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
4. Абрамов, Г. В. Параллельное программирование. Лабораторный практикум : учебное пособие / Г. В. Абрамов, Н. А. Каплиева. — Воронеж : ВГУ, 2021. — 75 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/455057 (дата обращения: 07.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей..

8.2. Дополнительная литература

5. Малявко, А. А. Параллельное программирование на основе технологий OpenMP, MPI, CUDA : учебное пособие / А. А. Малявко. — Новосибирск : НГТУ, 2015. — 116 с. — ISBN 978-5-7782-2614-2. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/118245 (дата обращения: 07.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
6. Жуков, С. Н. Практические аспекты параллельного программирования для персональных компьютеров : учебно-методическое пособие / С. Н. Жуков, И. С. Жукова. — Нижний Новгород : ННГУ им. Н. И. Лобачевского, 2023. — 36 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/431138 (дата обращения: 07.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей..
7. Теоретические основы параллельного программирования : учебное пособие / Д. В. Петров, В. М. Михелев, Е. В. Петрова, Д. С. Батищев.

— Белгород : НИУ БелГУ, 2022. — 62 с. — ISBN 978-5-9571-3188-5. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/448499 (дата обращения: 07.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8. Минязев, Р. Ш. Параллельное программирование (MPI, OpenMP, CUDA) : учебно-методическое пособие / Р. Ш. Минязев. — Казань : КНИТУ-КАИ, 2021. — 68 с. — ISBN 978-5-7579-2567-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: https://e.lanbook.com/book/264890 (дата обращения: 07.05.2026). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

8.3.Нормативные правовые документы и иная правовая информация

1. Конституция Российской Федерации. – Текст : электронный // Сайт Президента Российской Федерации. – URL: http://www.kremlin.ru/acts/constitution

8.4 Интернет-ресурсы

1. OpenMP Architecture Review Board (ARB) — официальный сайт. – URL: https://www.openmp.org/

2. Лаборатория параллельных информационных технологий Московского государственного университета имени М.В.Ломоносова. – URL: http://parallel.ru/tech/tech_dev/openmp.html

3. CyberForum — раздел по параллельному программированию – URL: https://www.cyberforum.ru/parallel-programming/

4. Электронно-библиотечная система «Лань». – URL: http://e.lanbook.com

5. Официальная документация по Visual Studio – URL: https://learn.microsoft.com/ru-ru/visualstudio/windows/?view=visualstudio

6. Документация по VS Code – URL: https://code.visualstudio.com/docs

9. Материально-техническая база, информационные технологии, программное обеспечение и информационные справочные системы

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает в себя:

- лекционные аудитории, оборудованные видеопроекционным оборудованием для презентаций, средствами звуковоспроизведения, экраном;
- помещения для проведения семинарских и практических занятий,

оборудованные учебной мебелью.

Дисциплина поддержана соответствующими программными продуктами с открытой лицензией: Visual Studio Code, Visual Studio Community.

Вуз обеспечивает каждого обучающегося рабочим местом в компьютерном классе в соответствии с объемом изучаемых дисциплин, обеспечивает выход в сеть Интернет.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся включают следующую оснащенность: столы аудиторные, стулья, доски аудиторные, компьютеры с подключением к локальной сети института (для компьютерных аудиторий) и Интернет. Для изучения учебной дисциплины используются автоматизированная библиотечная информационная система и электронные библиотечные системы.