



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования  
«ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ ДВАЖДЫ ГЕРОЯ  
СОВЕТСКОГО СОЮЗА, ЛЕТЧИКА-КОСМОНАВТА А.А. ЛЕОНОВА»

**УТВЕРЖДАЮ**  
**И. о. проректора**  
**А.В. Троицкий**

«\_\_» \_\_\_\_\_ 2023 г.

**ИНСТИТУТ  
ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ  
«ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ»**

**Направление подготовки:** 09.03.04 Программная инженерия

**Направленность (профиль):** Проектирование и разработка программного обеспечения

**Уровень высшего образования:** бакалавриат

**Форма обучения:** очная

Королев  
2023

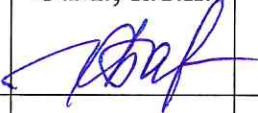
Рабочая программа является составной частью основной профессиональной образовательной программы и проходит рецензирование со стороны работодателей в составе основной профессиональной образовательной программы. Рабочая программа актуализируется и корректируется ежегодно.

**Автор:** Баранова О.М. Рабочая программа дисциплины «Параллельные вычисления». – Королев МО: Технологический университет, 2023 г.

**Рецензент:** к.т.н. Парафейников И.В.

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями федерального государственного образовательного стандарта высшего образования (ФГОС ВО) по направлению подготовки бакалавров 09.03.04 Программная инженерия, учебного плана, утвержденного Ученым советом Технологического университета, Протокол № 9 от 11 апреля 2023 года.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры:**

Заведующий кафедрой (ФИО, ученая степень, звание, подпись)	Баранова О.М., к.т.н. 			
Год утверждения (переутверждения)	2023	2023	2025	2026
Номер и дата протокола заседания кафедры	№ 7 от 03.04.2023			

**Рабочая программа согласована:**

Руководитель ОПОП  О.М. Баранова, к.т.н.

**Рабочая программа рекомендована на заседании УМС:**

Год утверждения (переутверждения)	2023	2023	2025	2026
Номер и дата протокола заседания УМС	№ 5 от 11.04.2023 г.			

## 1. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП

Целью дисциплины является получение навыков работы на вычислительном кластере в многопользовательской и многозадачной среде и навыками программирования параллельных приложений.

Дисциплина направлена на формирование следующих компетенций:

- (ОПК-2) Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности;
- (ОПК-3) Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;
- (ОПК-6) Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов;
- (ОПК-7) Способен применять в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой.

Основными **задачами** дисциплины является:

- изучение системы очередей заданий,
- получение навыков удаленной работы с кластером через терминал,
- получение навыков параллельного программирования,
- изучение основных библиотек параллельного программирования: Pthreads, OpenMP, MPI, CUDA.

Показатель освоения компетенции отражают следующие индикаторы:

### **Трудовые действия:**

Применяет современные информационные технологии и программные средства, в том числе, отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности;

Применяет принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

Анализирует информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности для подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов;

Применяет основные языки программирования и работы с базами данных, операционные системы и оболочки, современные программные среды разработки информационных систем и технологий;

Применяет в практической деятельности основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой;

#### **Необходимые умения:**

Анализирует современные информационные технологии и программные средства, в том числе, отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности;

Использует современные информационные технологии и программные средства, в том числе, отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности;

Использует знания об основах информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности для решения стандартных задач профессиональной деятельности;

Анализирует современные языки программирования и работы с базами данных, операционные системы и оболочки, современные программные среды для разработки информационных систем и технологий;

Использует современные языки программирования, программные среды разработки информационных систем и технологий для отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач;

Использует основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой для решения практических задач;

#### **Необходимые знания:**

Знает принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства;

Знает принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности;

Знает основные языки программирования и работы с базами данных, операционные системы и оболочки, современные программные среды разработки информационных систем и технологий;

Знает основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой.

После завершения освоения данной дисциплины студент получает:

#### **Необходимые знания:**

- основы технологии объектно-ориентированной декомпозиции программных систем, базовых шаблонов проектирования (Наблюдатель, Итератор, Одиночка, Фабрика, Заместитель), отношений между классами и основ UML (диаграммы классов и последовательностей).

- базовые знания применения паттернов проектирования для построения программных систем.

#### **Необходимые умения:**

- применять полученные знания на практике;
- проектировать и создавать программные системы с использованием паттерном проектирования.

#### **Трудовые действия:**

- составление алгоритмов и программ на объектно-ориентированных языках программирования с применением соответствующих задачам паттернов проектирования.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Параллельные вычисления» относится к обязательной части основной профессиональной образовательной программы подготовки по направлению подготовки бакалавриата 09.03.04 «Программная инженерия».

Дисциплина реализуется кафедрой прикладного программного обеспечения.

Изучение данной дисциплины базируется на знаниях и умениях, полученных в рамках ранее изученных дисциплин «Основы алгоритмизации и программирования», «Языки программирования высокого уровня», «Технологии и среды программирования», «Объектно-ориентированное программирование» и компетенциях ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6, ОПК-7.

## **2. Объем дисциплины и виды учебной работы**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

**Таблица 1**

<b>Виды занятий</b>	<b>Всего часов</b>	<b>Семестр 5</b>
<b>Общая трудоемкость</b>	<b>108</b>	<b>108</b>
<b>Аудиторные занятия</b>	<b>48</b>	<b>48</b>
Лекции (Л)	16	16
Практические занятия (ПЗ)	32	32
Лабораторные работы (ЛР)	–	–
<b>Практическая подготовка</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>60</b>	<b>60</b>
<b>Курсовые работы (проекты)</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b>Расчетно-графические работы</b>	<b>–</b>	<b>–</b>
<b>Контрольная работа, домашнее задание</b>	<b>+ –</b>	<b>+ –</b>
<b>Текущий контроль знаний (7 - 8, 14 - 15 недели)</b>	<b>Тест</b>	<b>Тест</b>
<b>Вид итогового контроля</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>	<b>Зачёт с оценкой</b>

## 4. Содержание дисциплины

### 4.1. Темы дисциплины и виды занятий

Таблица 2

Наименование тем	Лекции, час	Практические занятия, Час	Занятия в интерактивной форме, час	Код компетенций
Тема 1. Введение. Работа с кластером	2	4	1	ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6, ОПК-7
Тема 2. Библиотека PThreads	2	4	1	
Тема 3. Распараллеливание по данным	2	4	2	
Тема 4. Библиотека OpenMP	2	4	2	
Тема 5. Библиотека CUDA	4	8	2	
Тема 6. Библиотека MPI	2	4	2	
Тема 7. Матричные алгоритмы	2	4	2	
<b>Итого:</b>	<b>16</b>	<b>32</b>	<b>12</b>	

### 4.2. Содержание тем дисциплины

#### Тема 1. Введение. Работа с кластером

Введение. Базовые понятия. Конфигурация кластера ИКТ РХТУ. Измерение производительности компьютеров. Ограничения параллельных вычислений. Закон Амдала. Архитектура фон Неймана. Ускорение работы компьютеров. Конвейерная обработка. Классификация архитектур по Флинну. Иерархия памяти компьютера. Классификация параллельных вычислительных систем. Удаленная работа с кластером: ssh, scp, sshfs, vnc.

#### Тема 2. Библиотека PThreads

Поток данных, поток команд, процесс. Процесс и поток в UNIX. Случаи использования потоков. Распределение памяти между потоками. Состав библиотеки PThreads. Компиляция программ с PThreads. Создание и остановка потоков. Барьерная синхронизация. Передача параметров в потоковые функции. Возвращение результатов из потоковой функции. Инициализация потоков. Методы синхронизации. Мьютексы. Гонки потоков. Deadlock. Переменные условия.

#### Тема 3. Распараллеливание по данным

Отличия OpenMP от PThreads. Компиляторы с поддержкой OpenMP. Компиляция программ с OpenMP. Модель программирования OpenMP. Состав библиотеки OpenMP. Задание количества потоков. Замеры времени выполнения участков программы. Директива parallel. Модель данных в OpenMP. Директива threadprivate. Вложенные параллельные области. Директива single. Директива

master. Директива for: автоматическое распараллеливание циклов. Параметры опции schedule. Директива ordered. Директивы sections и section. Средства синхронизации в OpenMP. Директива critical. Атомарная операция. Мьютексы (блокировки, замки). Директива flush.

#### **Тема 4. Библиотека OpenMP**

Отличия OpenMP от PThreads. Компиляторы с поддержкой OpenMP. Компиляция программ с OpenMP. Модель программирования OpenMP. Состав библиотеки OpenMP. Задание количества потоков. Замеры времени выполнения участков программы. Директива parallel. Модель данных в OpenMP. Директива threadprivate. Вложенные параллельные области. Директива single. Директива master. Директива for: автоматическое распараллеливание циклов. Параметры опции schedule. Директива ordered. Директивы sections и section. Средства синхронизации в OpenMP. Директива critical. Атомарная операция. Мьютексы (блокировки, замки). Директива flush..

#### **Тема 5. Библиотека CUDA**

Отличие CPU от GPU. Принцип работы GPU. Иерархия памяти. Вычислительное ядро. Компиляция программ с CUDA.

#### **Тема 6. Библиотека MPI.**

Модель передачи сообщений. Установка MPI. Документация. Передача сообщения. Коммуникатор и ранги процессов. Обмен сообщениями: попарный и коллективный, блокирующий и неблокирующий. Состав сообщения. Коммуникаторы. Посылка сообщения. Получение сообщения. Статус сообщения. Ввод и вывод в программах с MPI. Обмен при помощи одного вызова. Посылка и прием сообщения без блокировки. Тестирование статуса доставки сообщения. Ожидание доставки сообщения. Барьерная синхронизация в MPI. Массовая рассылка сообщений. Сбор сообщений от процессов. Операции над данными в MPI. Сбор и рассылка сообщений. Завершение группы процессов. Работа со временем в MPI. Коллективный обмен сообщениями при работе с массивами. Рассылка массива.

#### **Тема 7. Матричные алгоритмы**

Умножение матрицы на вектор. Последовательный алгоритм. Построчное распределение данных. Блочное распределение данных. Простой параллельный алгоритм. Алгоритм Кэннона. Алгоритм DNS.

### **5. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы по дисциплине**

Методические указания для самостоятельной работы обучающихся по освоению дисциплины представлены в Приложении 2.

## **6. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине**

Структура фонда оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине приведена в Приложении 1.

## **7. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

### **Основная литература:**

1. 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>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. 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>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **Дополнительная литература:**

1. Арыков, С. Б. Параллельное программирование над общей памятью. OpenMP : учебное пособие / С. Б. Арыков, М. А. Городничев, Г. А. Щукин. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 95 с. — ISBN 978-5-7782-3796-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152252> (дата обращения: 13.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Филатов, А. С. Параллельное программирование : учебное пособие / А. С. Филатов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 46 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/218429> (дата обращения: 13.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

## **8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины**

### **Интернет-ресурсы:**

1. <https://biblioclub.ru/> - Университетская библиотека ONLINE.
2. <https://www.java.com/ru/> - Сайт разработчика Java
3. <https://www.rucont.ru/> - Электронная библиотека Руконт.
4. <https://znanium.com/> - Электронная библиотека издательства Инфра-М.
5. <https://e.lanbook.com/> - Электронная библиотека Лань.
6. <https://www.jetbrains.com/ru-ru/idea/> - Сайт разработчика IntelliJ IDEA.
7. <https://github.com/> - Веб-сервис для хостинга IT-проектов и их совместной разработки.



8. <https://www.eclipse.org/> - Сайт разработчика Eclipse

9. <https://jug.ru/> - Сайт Java-разработчиков

#### **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины**

Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины приведены в Приложении 2 к настоящему Положению.

#### **10. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине**

##### **Перечень программного обеспечения:**

Microsoft Office или свободно распространяемые аналоги, дистрибутивы Ubuntu Linux, Fedora Linux, Scientific Linux, CentOS Linux, среда разработки Eclipse, CUDA SDK, семейство компиляторов GNU.

##### **Информационные справочные системы:**

1. Электронные ресурсы образовательной среды Университета.
2. Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Объектно-ориентированное программирование».

#### **11. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

##### **Лекционные занятия:**

- аудитория, оснащенная презентационной техникой (проектор, экран);
- комплект электронных презентаций/слайдов.

##### **Практические занятия:**

- учебный класс, оснащенный вычислительной техникой (ПК) и доступом к Интернет-ресурсам.
- рабочее место преподавателя, оснащенное компьютером с доступом в Интернет;
- рабочие места студентов, оснащенные компьютерами с доступом в Интернет.

**ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И  
ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ  
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ДИСЦИПЛИНЕ**

**«ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ»**

**(Приложение 1 к рабочей программе)**

**Направление подготовки: 09.03.04 Программная инженерия**

**Профиль: Проектирование и разработка программного обеспечения**

**Уровень высшего образования: бакалавриат**

**Форма обучения: очная**

## 1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

№ п/п	Индекс компетенции	Содержание компетенции (или ее части)*	Раздел дисциплины, обеспечивающий формирование компетенции (или ее части)	В результате изучения раздела дисциплины, обеспечивающего формирование компетенции (или ее части), обучающийся должен:		
				Необходимые знания	Необходимые умения	Трудовые действия
1	ОПК-2	Способен понимать принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства, и использовать их при решении задач профессиональной деятельности	Тема 1-7	Знает принципы работы современных информационных технологий и программных средств, в том числе отечественного производства.	Анализирует современные информационные технологии и программные средства, в том числе, отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности;  Использует современные информационные технологии и программные средства, в том числе, отечественного производства, при решении задач профессиональной деятельности;	Применяет современные информационные технологии и программные средства, в том числе, отечественного производства при решении задач профессиональной деятельности;
2	ОПК-3	Способен решать стандартные задачи профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности	Тема 1-7	Знает принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом	Использует знания об основах информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности для решения стандартных задач профессиональной деятельности;	Применяет принципы, методы и средства решения стандартных задач профессиональной деятельности на основе информационной и библиографической культуры с применением информационно-коммуникационных технологий и с учетом

				основных требований информационной безопасности		основных требований информационной безопасности;  Анализирует информационно-коммуникационных технологий и с учетом основных требований информационной безопасности для подготовки обзоров, аннотаций, составления рефератов, научных докладов;
3.	ОПК-6	Способен разрабатывать алгоритмы и программы, пригодные для практического использования, применять основы информатики и программирования к проектированию, конструированию и тестированию программных продуктов.	Тема 1-7	Знает основные языки программирования и работы с базами данных, операционные системы и оболочки, современные программные среды разработки информационных систем и технологий	Анализирует современные языки программирования и работы с базами данных, операционные системы и оболочки, современные программные среды для разработки информационных систем и технологий;  Использует современные языки программирования, программные среды разработки информационных систем и технологий для отладки и тестирования прототипов программно-технических комплексов задач;	Применяет основные языки программирования и работы с базами данных, операционные системы и оболочки, современные программные среды разработки информационных систем и технологий;
4.	ОПК-7	Способен применять в практической деятельности	Тема 1-7	Знает основные концепции, принципы, теории и	Использует основные концепции, принципы,	Применяет в практической деятельности основные

	основные концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой.		факты, связанные с информатикой	теории и факты, связанные с информатикой для решения практических задач;	концепции, принципы, теории и факты, связанные с информатикой;
--	---	--	---------------------------------	--	--

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

Код компетенции	Инструмент, оценивающий сформированность компетенции	Показатель оценивания компетенции	Критерии оценки
ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6, ОПК-7	Практическое задание	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла;</li> <li>• компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла;</li> </ul> <p>В) не сформирована (компетенция <u>не сформирована</u>) – 2 и менее баллов</p>	<p>Проводится в форме письменной работы</p> <p>Время, отведенное на процедуру – 60 мин.</p> <p>Неявка – 0.</p> <p>Критерии оценки:</p> <p>1. Соответствие ответа заявленной тематике (0-5 баллов).</p> <p>Максимальная сумма баллов - 5 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля.</p> <p>Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6, ОПК-7	Контрольная работа	<p>А) полностью сформирована (компетенция освоена на <u>высоком</u> уровне) – 5 баллов</p> <p>Б) частично сформирована:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• компетенция освоена на <u>продвинутом</u> уровне – 4 балла;</li> <li>• компетенция освоена на <u>базовом</u> уровне – 3 балла;</li> </ul> <p>В) не сформирована</p>	<p>1. Проводится в форме письменной работы</p> <p>2. Время, отведенное на процедуру – семестр.</p> <p>Неявка на защиту контрольной работы – 0.</p> <p>Критерии оценки:</p> <p>1. Соответствие содержания контрольной работы заявленной тематике (1 балл).</p>

		<p>(компетенция _____ не сформирована) – 2 и менее баллов</p>	<p>2. Качество источников и их количество при подготовке работы (1 балл).</p> <p>3. Владение информацией и способность отвечать на вопросы аудитории (1 балл).</p> <p>4. Качество самой представленной работы (1 балл).</p> <p>5. Использование специализированного программного обеспечения (1 балл).</p> <p>6. Оригинальность подхода и всестороннее раскрытие выбранной тематики (1 балл).</p> <p>Максимальная сумма баллов - 6 баллов.</p> <p>Результаты оценочной процедуры представляются обучающимся в срок не позднее 1 недели после проведения процедуры – для текущего контроля.</p> <p>Оценка проставляется в электронный журнал.</p>
--	--	---	--

**3. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы**

**3.1. Примерная тематика практических заданий**

1. Работа с кластером ИКТ
2. Задачи на запуск параллельных потоков в PThreads.
3. Задачи на синхронизацию в PThreads
4. Обработка массивов данных: распараллеливание с использованием средств оболочки bash и очереди заданий.
5. Задачи на запуск параллельных потоков в OpenMP

6. Задачи на синхронизацию в OpenMP
7. Задачи по программированию на CUDA
8. Задачи на синхронизацию на CUDA
9. Задачи на запуск процессов в MPI
10. Задачи на синхронизацию в MPI
11. Решение матричных задач

### **3.2. Примерная тематика заданий на контрольную работу:**

1. Описать и ввести массив  $A(5,5)$ . К элементам, расположенным на главной диагонали прибавить максимальное из средних арифметических строк (рассчитать в потоке).
2. Задан массив действительных чисел  $A(5,5)$ . Найти максимальный элемент каждой строки.
3. Описать массив  $B(6,6)$ , ввести его и распечатать. Сумму элементов каждой строки (рассчитать в потоке) вычесть из каждого элемента побочной диагонали. Результат напечатать.
4. Задан массив действительных чисел  $P(5,5)$ . Найти минимальный элемент каждой строки.
5. Задан массив действительных чисел  $B(5,5)$ . Найти минимальный элемент каждого столбца.
6. Задан массив  $C(5,5)$ . Найти сумму элементов каждого столбца.
7. Описать и ввести массив  $B(5,5)$ . Минимальные элементы каждой строки (рассчитать в потоке) поставить в главную диагональ.
8. Задан массив действительных чисел  $B(5,5)$ . Найти минимальный элемент каждого столбца.
9. Задан массив  $C(5,5)$ . Найти среднее арифметическое элементов каждого столбца.
10. Задан массив  $M(5,5)$ . Найти среднее арифметическое элементов каждой строки.
11. В массиве  $B(10,10)$  найти сумму элементов каждого столбца, вычислить среднее арифметическое сумм и прибавить это значение к элементам главной диагонали.
12. В массиве  $A(6,6)$  элементы каждого столбца расположить в порядке возрастания.
13. В массиве  $A(6,6)$  элементы каждой строки расположить в порядке убывания.
14. Задан массив  $A(5,5)$ . Максимальный элемент каждой строки этого массива поставить на последнее место в соответствующей строке.
15. Описать и ввести массив  $B(5,5)$ . Среднее арифметическое элементов каждого столбца (рассчитать в потоке) поставить в главную диагональ. Результат распечатать.
16. Описать и ввести массив  $C(8,8)$ , распечатать его. К элементам четных столбцов (4 потока) прибавить минимальный элемент массива.
17. В массиве  $B(9,9)$  элементы нечетных столбцов расположить в порядке возрастания.

18. В массиве действительных чисел  $V(7, 7)$  вычислить среднее арифметическое элементов каждого столбца. Заменить четные элементы этим значением.

19. Написать программу, которая приближенно вычисляет определенный интеграл по формуле трапеции. Подынтегральную функцию задавать в виде отдельной функции.

20. Написать программу, которая приближенно вычисляет определенный интеграл по формуле прямоугольников. Подынтегральную функцию задавать в виде отдельной функции.

21. Написать программу, которая приближенно вычисляет значение ряда  $x - \frac{x^3}{3!} + \frac{x^5}{5!} - \frac{x^7}{7!} + L = \sin(x)$

22. Написать программу, которая приближенно вычисляет значение ряда  $1 - \frac{1}{2^4} + \frac{1}{3^4} - \frac{1}{4^4} + L = \frac{7\Phi^4}{720} = 0,94703$

23. Написать программу, которая приближенно вычисляет значение ряда  $1 - \frac{x^2}{2!} + \frac{x^4}{4!} - \frac{x^6}{6!} + L = \cos(x)$

24. Написать программу, которая приближенно вычисляет значение ряда  $\frac{1}{1^4} + \frac{1}{2^4} + \frac{1}{3^4} + \frac{1}{4^4} + L = \frac{p^4}{90} = 1,08232$

25. Написать программу, которая приближенно вычисляет значение ряда  $\ln(2) = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{(-1)^{n-1}}{n} = \frac{1}{1} - \frac{1}{2} + \frac{1}{3} - \frac{1}{4} + \dots = 0.69314$

26. Написать программу, которая приближенно вычисляет значение ряда  $\frac{1}{1^2} - \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} - \frac{1}{4^2} + L = \frac{p^2}{12} = 0,82246$

27. Написать программу, которая приближенно вычисляет значение ряда  $\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + L = \frac{p^2}{6} = 1,64493$

28. Написать программу, которая приближенно вычисляет значение ряда  $1 - \frac{1}{1!} + \frac{1}{2!} - \frac{1}{3!} + \frac{1}{4!} - L = \frac{1}{2,71828}$

29. Написать программу, которая приближенно вычисляет значение ряда  $\frac{1}{1} - \frac{1}{3} + \frac{1}{5} - \frac{1}{7} + L = \frac{p}{4} = 0,78539$

30. Написать программу, которая приближенно вычисляет значение ряда  $\frac{1}{1^2} + \frac{1}{2^2} + \frac{1}{3^2} + \frac{1}{4^2} + L = \frac{p^2}{6} = 1,64493$

#### **4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**



Формой контроля знаний по дисциплине «Параллельные вычисления» являются две текущие аттестации в форме тестов и итоговая аттестация в форме зачета с оценкой.

Неделя текущей/промежуточной контрольной	Вид оценочного средства	Код компетенций, оценивающих знания, умения, навыки	Содержание оценочного средства	Требования к выполнению	Срок сдачи (неделя семестра)	Критерии оценки по содержанию и качеству с указанием баллов
7-8 15-16	Тестирование	ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6, ОПК-7	25 вопросов	Компьютерное тестирование. Время отведенное на процедуру – 30 минут	Результаты тестирования предоставляются в день проведения процедуры	Критерии оценки определяются процентным соотношением. Не явка - 0 Удовлетворительно - от 51% правильных ответов. Хорошо - от 70%. Отлично – от 90%.
В соответствии с КУГ	Зачёт с оценкой	ОПК-2, ОПК-3, ОПК-6, ОПК-7	2 вопроса	Зачет с оценкой проводится в письменной форме, путем ответа на вопросы. Время, отведенное на процедуру – 30 минут.	Результаты предоставляются в день проведения экзамена	Критерии оценки: <b>«Отлично»:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знание основных понятий предмета;</li> <li>• умение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• работа на практических занятиях;</li> <li>• знание основных научных теорий, изучаемых предметов;</li> <li>• ответ на вопросы билета.</li> </ul> <b>«Хорошо»:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знание основных понятий предмета;</li> <li>• умение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• работа на практических занятиях;</li> <li>• знание основных научных теорий, изучаемых предметов;</li> <li>• ответы на вопросы билета</li> </ul> <b>«Удовлетворительно»:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• демонстрирует частичные знания по темам дисциплин;</li> <li>• незнание неумение использовать и применять полученные знания на практике;</li> <li>• не работал на практических занятиях;</li> </ul> <b>«Неудовлетворительно»:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• демонстрирует частичные знания по темам дисциплин;</li> <li>• незнание основных понятий предмета;</li> <li>• неумение использовать и</li> </ul>

						применять полученные знания на практике; • не работал на практических занятиях; не отвечает на вопросы.
--	--	--	--	--	--	---

#### 4.1. Типовые вопросы, выносимые на тестирование:

1. Чем характеризуется многопроцессность (concurrency) в контексте параллельных вычислений?
  - обеспечение минимального времени выполнения одной программы
  - первичность пропускной способности
  - не требуется обеспечение максимальной изоляции процессов друг от друга
  - обеспечение как можно более равномерного распределения ресурсов между процессами.
2. В каких ситуациях может быть реализован истинный параллелизм вычислений?
  - вычисления производятся на ЭВМ с одноядерным процессором в многозадачной ОС
  - вычисления производятся на ЭВМ с одноядерным процессором в однозадачной ОС
  - вычисления производятся на многопроцессорном устройстве
  - для вычислений применяется процессор, поддерживающий физическую векторизацию.
3. Какой из режимов вычислений поддерживает классический последовательный компьютер фон Неймана?
  - обработка нескольких инструкций и одиночного элемента данных в каждый момент времени
  - обработка одиночной инструкции и нескольких потоков данных в каждый момент времени
  - обработка одиночной инструкции и одиночного элемента данных в каждый момент времени
  - обработка нескольких инструкций и нескольких потоков данных в каждый момент времени.
4. Симметричный мультипроцессор характеризуется
  - однородным доступом к памяти всех процессорных устройств
  - доступом каждого процессорного устройства к отдельной части физически распределенной памяти
  - неоднородным доступом к памяти всех процессорных устройств
  - однородным доступом части процессорных устройств к части общей памяти.
5. Какие факторы препятствуют получению результата с ожидаемой точностью при распараллеливании арифметических расчетов?
  - машинная операция сложения чисел не обладает свойством коммутативности (порядок сложения двух чисел важен)
  - распараллеленные алгоритмы реализуются на одноядерном процессоре
  - машинная операция умножения чисел не обладает свойством ассоциативности

(важен порядок перемножения трёх чисел)

машинная операция умножения чисел обладает свойством коммутативности (порядок перемножения двух чисел не важен).

6. Какие из предложенных стратегий распараллеливания алгоритма нахождения среднего арифметического последовательности из 1000 чисел корректны?

последовательность разбивается на 4 части, элементы в каждой части суммируются и делятся на 1000 на отдельном процессорном устройстве, полученные значения складываются на одном процессорном устройстве и делятся на 4

последовательность разбивается на 4 равные части, элементы в каждой части суммируются, полученные значения складываются и делятся на 1000 на одном процессорном устройстве

последовательность разбивается на 4 равные части, элементы в каждой части суммируются и делятся на 1000 на отдельном процессорном устройстве, полученные значения складываются на одном процессорном устройстве

последовательность разбивается на 4 равные части, находится среднее арифметическое каждой части на отдельном процессорном устройстве, полученные значения складываются на одном процессорном устройстве и делятся на 1000.

7. Выберите условия реализуемости расписания параллельного алгоритма.

на каждой вычислительной единице все операции выполняются одна за другой

количество операций, выполняющихся на каждом вычислительном устройстве, постоянно

вычислительные устройства, выполняющие разные операции, не могут обмениваться информацией между собой

каждая операция выполняется не более чем на одном вычислительном устройстве.

8. Что называется, длиной критического пути в графе, представляющем некоторый параллельный алгоритм?

длина максимального пути в графе

максимальная длина пути в графе, состоящего из однотипных операций

средняя высота графа алгоритма

диаметр графа алгоритма, определяющий минимально теоретически возможное время выполнения алгоритма.

9. Чем характеризуется ускорение параллельного алгоритма?

минимальное время выполнения последовательного алгоритма

отношение количества процессоров к количеству потоков исполнения

минимальное время выполнения параллельного алгоритма

размер входных данных.

10. Что такое эффективность параллельного алгоритма?

отношение ускорения алгоритма к количеству процессоров

произведение минимального времени выполнения параллельного алгоритма и количества процессоров

отношение размера входных данных к размеру выходных данных

суммарное время, затрачиваемое всеми процессорами на выполнение алгоритма.

11. Выберите верные утверждения

ускорение программы с помощью параллельных вычислений зависит только от количества вычислительных узлов

суммарное время выполнения параллельной задачи не меньше времени выполнения самого длинного последовательного фрагмента

в реальных задачах добавление новых процессоров может увеличивать время расчета

в реальных задачах ускорения программы с помощью параллельных вычислений нельзя добиться добавлением вычислительных узлов.

12. Какие части программы являются последовательными?

чтение входных данных с жесткого диска

запись выходных данных на несколько жестких дисков

синхронизация в параллельной программе

критическая секция в параллельной программе.

13. Что представляет собой task parallelism?

комбинация исходных вычислений в более крупную комплексную задачу

декомпозиция рекурсивной процедурой исходной задачи на несколько более мелких

декомпозиция линейной процедурой исходной задачи на несколько более мелких

слияние однотипных задач в более крупную с помощью рекурсивной процедуры.

14. Что представляет собой декомпозиция задачи с помощью парадигмы "разделяй и властвуй"?

рекурсивное разбиение задачи на более мелкие того же типа, вплоть до элементарных

разбиение задачи с помощью линейной процедуры

слияние однотипных задач в более крупную с помощью рекурсивной процедуры

бесконечное рекурсивное разбиение задачи на более мелкие того же типа.

15. Какой тип вычислительных задач называется embarrassingly parallel?

задачи, к которым не применима парадигма "разделяй и властвуй"

задачи с большим количеством внутренних связей

любые задачи, вычисление которых может быть реализовано с помощью параллельного алгоритма

задачи с большим количеством вычислительных подзадач, не имеющих зависимостей между собой.

16. В каких случаях для вычислений применяется конвейерная обработка?

данные поступают непрерывным односторонним регулярным потоком

данные поступают в виде нестабильного двустороннего потока

над каждым элементом из набора данных необходимо произвести обработку в несколько стадий

данные принимаются однажды и требуют индивидуального подхода к обработке и анализу.

17. В каких случаях для вычислений применяется координация на основе событий?

- данные поступают в виде регулярного одностороннего потока
- применяемая структура данных характеризуется непредсказуемостью взаимодействия между своими составными частями
- над каждым элементом из набора данных необходимо произвести обработку в несколько стадий
- применяется двусторонний поток данных.

18. Выберите методы решения с локальными взаимодействиями между подзадачами.

- метод Гаусса-Зейделя
- метод Red-Black
- редукция методом "разделяй и властвуй"
- метод хаотической релаксации.

19. Что означает тот факт, что соотношение между временами вычислений и синхронизации приближается к единице в некоторой вычислительной системе?

- вычисления в этой системе недостаточно эффективны
- требуется увеличение подзадач
- требуется дополнительное разделение подзадач на более мелкие
- вычисления производятся в оптимальной форме и не требуют дополнительных преобразований.

20. В каких случаях для вычислений применяется динамическое планирование с балансировкой нагрузки?

- число подзадач намного больше числа процессоров
- количество процессоров в вычислительной системе меняется во времени
- подзадачи сильно различаются по размерам
- требуется равномерная загрузка процессоров, но вычислительная система содержит разнородные процессоры.

21. В каких случаях для вычислений применяется статическое планирование с балансировкой нагрузки?

- число подзадач намного больше числа процессоров
- количество процессоров в вычислительной системе меняется во времени
- между подзадачами возникают неструктурированные взаимодействия
- требуется равномерная загрузка процессоров, но вычислительная система содержит разнородные процессоры.

#### **4.2. Типовые вопросы, выносимые на зачёт с оценкой**

- 1) Конфигурация кластера ИКТ РХТУ.
- 2) Измерение производительности компьютеров.
- 3) Ограничения параллельных вычислений.
- 4) Закон Амдала.
- 5) Архитектура фон Неймана.
- 6) Ускорение работы компьютеров.
- 7) Конвейерная обработка.

- 8) Классификация архитектур по Флинну.
- 9) Иерархия памяти компьютера.
- 10) Классификация параллельных вычислительных систем.
- 11) Удаленная работа с кластером: ssh, scp, sshfs, vnc.
- 12) Поток данных, поток команд, процесс.
- 13) Процесс и поток в UNIX. Случаи использования потоков.
- 14) Распределение памяти между потоками.
- 15) Состав библиотеки PThreads. Компиляция программ с PThreads.
- 16) Создание и остановка потоков.
- 17) Барьерная синхронизация.
- 18) Передача параметров в потоковые функции.
- 19) Возвращение результатов из потоковой функции.
- 20) Инициализация потоков.
- 21) Методы синхронизации.
- 22) Мьютексы. Гонки потоков.
- 23) Deadlock. Переменные условия.
- 24) Отличия OpenMP от PThreads.
- 25) Компиляторы с поддержкой OpenMP. Компиляция программ с OpenMP.
- 26) Модель программирования OpenMP.
- 27) Состав библиотеки OpenMP.
- 28) Задание количества потоков.
- 29) Модель данных в OpenMP.
- 30) Директива threadprivate. Вложенные параллельные области.
- 31) Директива single. Директива master.
- 32) Директива for: автоматическое распараллеливание циклов.  
Параметры опции schedule.
- 33) Директива ordered. Директивы sections и section.
- 34) Средства синхронизации в OpenMP.
- 35) Директива critical. Атомарная операция.
- 36) Мьютексы (блокировки, замки). Директива flush.
- 37) Отличие CPU от GPU. Принцип работы GPU.
- 38) Иерархия памяти. Вычислительное ядро.
- 39) Компиляция программ с CUDA.
- 40) Модель передачи сообщений.
- 41) Установка MPI. Документация. Передача сообщения.
- 42) Коммуникатор и ранги процессов.
- 43) Обмен сообщениями: попарный и коллективный, блокирующий и неблокирующий.
- 44) Состав сообщения. Коммуникаторы.
- 45) Посылка сообщения. Получение сообщения. Статус сообщения.
- 46) Ввод и вывод в программах с MPI.
- 47) Обмен при помощи одного вызова. Посылка и прием сообщения без блокировки.
- 48) Тестирование статуса доставки сообщения. Ожидание доставки сообщения.

- 49) Барьерная синхронизация в MPI.
- 50) Массовая рассылка сообщений. Сбор сообщений от процессов.
- 51) Операции над данными в MPI. Сбор и рассылка сообщений.
- 52)
- 53) Завершение группы процессов. Работа со временем в MPI. Коллективный обмен сообщениями при работе с массивами. Рассылка массива.
- 54) Умножение матрицы на вектор.
- 55) Последовательный алгоритм.
- 56) Построчное распределение данных.
- 57) Блочное распределение данных.
- 58) Простой параллельный алгоритм.
- 59) Алгоритм Кэннона.
- 60) Алгоритм DNS.

Итоговое начисление баллов по дисциплине осуществляется в соответствии с разработанной и внедренной балльно-рейтинговой системой контроля и оценивания уровня знаний и внеучебной созидательной активности обучающихся.

**ИНСТИТУТ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ И  
ТЕХНОЛОГИЙ  
КАФЕДРА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ**

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО  
ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ  
« ПАРАЛЛЕЛЬНЫЕ ВЫЧИСЛЕНИЯ »**

**(Приложение 2 к рабочей программе)**

**Направление подготовки: 09.03.04 Программная инженерия**

**Профиль: проектирование и разработка программного обеспечения**

**Уровень высшего образования: бакалавриат**

**Форма обучения: очная**



## 1. Общие положения

Целью дисциплины является получение навыков работы на вычислительном кластере в многопользовательской и многозадачной среде и навыками программирования параллельных приложений.

Основными задачами дисциплины является:

- изучение системы очередей заданий,
- получение навыков удаленной работы с кластером через терминал,
- получение навыков параллельного программирования,
- изучение основных библиотек параллельного программирования: Pthreads, OpenMP, MPI, CUDA.

## 2. Указания по проведению практических (семинарских) занятий

### Практическая работа 1.

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Тема и содержание занятия: Введение. Работа с кластером

Продолжительность занятия 4 часа.

### Практическая работа 2.

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Тема и содержание занятия: Библиотека PThreads

Продолжительность занятия 4 часа

### Практическая работа 3.

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Тема и содержание занятия: Распараллеливание по данным

Продолжительность занятия 4 часа.

### Практическая работа 4.

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Тема и содержание занятия: Библиотека OpenMP

Продолжительность занятия 4 часа.

### Практическая работа 5.

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Тема и содержание занятия: Библиотека CUDA

Продолжительность занятия 8 часов.

### **Практическая работа 6.**

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Тема и содержание занятия: Библиотека MPI

Продолжительность занятия 4 часа

### **Практическая работа 7.**

Вид практического занятия: компьютерное моделирование.

Образовательные технологии: технологии компьютерного обучения.

Тема и содержание занятия: Матричные алгоритмы

Продолжительность занятия 4 часа.

## **3. Указания по проведению лабораторного практикума**

Не предусмотрено учебным планом

## **4. Указания по проведению самостоятельной работы студентов**

№ п/п	Наименование блока (раздела) дисциплины	Виды СРС
1.	Тема 1. Введение. Работа с кластером	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (решение задач).
2.	Тема 2. Библиотека PThreads	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (решение задач).
3.	Тема 3. Распараллеливание по данным	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (решение задач).
4.	Тема 4. Библиотека OpenMP	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (решение задач).
5.	Тема 5. Библиотека CUDA	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (решение задач).
6.	Тема 6. Библиотека MPI	1. Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины (решение задач).
7.	Тема 7. Матричные алгоритмы	Подготовка к практическим занятиям по материалам лекций и учебной литературы. 2. Выполнение практических заданий 3. Самостоятельное изучение некоторых вопросов дисциплины

## 5. Перечень основной и дополнительной учебной литературы

### Основная литература:

1. 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>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. 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>. — Режим доступа: для авториз. пользователей.

### Дополнительная литература:

1. Арыков, С. Б. Параллельное программирование над общей памятью. OpenMP : учебное пособие / С. Б. Арыков, М. А. Городничев, Г. А. Щукин. — Новосибирск : НГТУ, 2019. — 95 с. — ISBN 978-5-7782-3796-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/152252> (дата обращения: 13.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Филатов, А. С. Параллельное программирование : учебное пособие / А. С. Филатов. — Москва : РТУ МИРЭА, 2021. — 46 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/218429> (дата обращения: 13.05.2024). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

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

### Интернет-ресурсы:

1. <https://biblioclub.ru/> - Университетская библиотека ONLINE.
2. <https://www.java.com/ru/> - Сайт разработчика Java
3. <https://www.rucont.ru/> - Электронная библиотека Руконт.
4. <https://znanium.com/> - Электронная библиотека издательства Инфра-М.
5. <https://e.lanbook.com/> - Электронная библиотека Лань.
6. <https://www.jetbrains.com/ru-ru/idea/> - Сайт разработчика IntelliJ IDEA.
7. <https://github.com/> - Веб-сервис для хостинга IT-проектов и их совместной разработки.
8. <https://www.eclipse.org/> - Сайт разработчика Eclipse
9. <https://jug.ru/> - Сайт Java-разработчиков

### Перечень программного обеспечения:

Microsoft Office или свободно распространяемые аналоги, Double Commander, VS Code, Eclipse IDE, IntelliJ IDEA, JDK Java SE8 и выше, Notepad++.

**Информационные справочные системы:**

1. Электронные ресурсы образовательной среды Университета.
2. Рабочая программа и методическое обеспечение по дисциплине «Объектно-ориентированное программирование».