

**МИНИСТЕРСТВО ТРАНСПОРТА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ**  
**УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**  
**«РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ТРАНСПОРТА»**  
**(РУТ (МИИТ))**



Рабочая программа дисциплины (модуля),  
как компонент образовательной программы  
высшего образования - программы магистратуры  
по направлению подготовки  
09.04.01 Информатика и вычислительная техника,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Высокопроизводительные вычислительные системы**

Направление подготовки: 09.04.01 Информатика и вычислительная техника

Направленность (профиль): Компьютерные сети и технологии

Форма обучения: Очная

Рабочая программа дисциплины (модуля) в виде  
электронного документа выгружена из единой  
корпоративной информационной системы управления  
университетом и соответствует оригиналу

Простая электронная подпись, выданная РУТ (МИИТ)  
ID подписи: 4196  
Подписал: заведующий кафедрой Желенков Борис  
Владимирович  
Дата: 14.04.2024

## 1. Общие сведения о дисциплине (модуле).

Целью освоения учебной дисциплины являются:

- изучение студентами теории и практики основ архитектуры построения отечественных вычислительных комплексов и систем серии «Эльбрус», их общего программного обеспечения, основам разработки прикладного программного обеспечения параллельной обработкой данных.

Задачами дисциплины являются:

- формирование навыков анализировать архитектуру построения современных вычислительных комплексов серии «Эльбрус» и анализировать направления развития архитектуры отечественных средств вычислительной техники и информационных технологий;

- овладение основными методами создания многопроцессных и многопоточных программ с использованием прикладных программных интерфейсов (OpenMP, MPICH, PVM, Pthreads, libC) для организации параллельных и распределенных высокопроизводительных вычислений в ОС Debian и ОС «Эльбрус»;

- овладение способами применять технологий виртуализации на основе LXC-контейнеров, KVM в среде ОС Debian и ОС «Эльбрус»;

- овладение основными методами управления вычислительным процессом при параллельной обработке данных.

## 2. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю).

Перечень формируемых результатов освоения образовательной программы (компетенций) в результате обучения по дисциплине (модулю):

**ОПК-6** - Способен разрабатывать компоненты программно-аппаратных комплексов обработки информации и автоматизированного проектирования;

**ПК-2** - Способность проектировать системы с параллельной обработкой данных, высокопроизводительные системы и их компоненты.

Обучение по дисциплине (модулю) предполагает, что по его результатам обучающийся будет:

### **Знать:**

- принципы построения и функционирования вычислительных комплексов серии «Эльбрус» и вычислительных систем на их основе;

- принципы разработки на языках программирования C/C++ эффективных прикладных многопроцессных и многопоточных программ под архитектуру «Эльбрус», их отладки и профилирования;

- основные направления развития архитектуры средств вычислительной техники и информационных технологий.

**Уметь:**

- осуществлять сбор исходных данных, проводить анализ алгоритмов обработки данных с целью разработки эффективных программ высокопроизводительных вычислений для вычислительных комплексов серии «Эльбрус» и систем на их основе;

- применять основные методы создания многопроцессных и многопоточных программ с использованием прикладных программных интерфейсов (OpenMP, MPI, PVM, Pthreads, libC) в среде ОС Debian и ОС «Эльбрус».

**Владеть:**

- навыками установки общего и прикладного программного обеспечения;  
- изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;

- навыками разработки программ для решения прикладных задач с использованием высокопроизводительных систем в соответствии с техническим заданием с использованием;

- навыками составления отчета по выполненному заданию, участия во внедрении результатов исследований и разработок;

- навыками разработки документации с учетом требований стандартизации;

- разработки алгоритмов решения проблемной ситуации и проведения выбора рационального решения из множества альтернативных.

3. Объем дисциплины (модуля).

3.1. Общая трудоемкость дисциплины (модуля).

Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 5 з.е. (180 академических часа(ов)).

3.2. Объем дисциплины (модуля) в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении учебных занятий:

Тип учебных занятий	Количество часов	
	Всего	Семестр 1
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	64	64
В том числе:		

Занятия лекционного типа	32	32
Занятия семинарского типа	32	32

3.3. Объем дисциплины (модуля) в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации составляет 116 академических часа (ов).

3.4. При обучении по индивидуальному учебному плану, в том числе при ускоренном обучении, объем дисциплины (модуля) может быть реализован полностью в форме самостоятельной работы обучающихся, а также в форме контактной работы обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации образовательной программы на иных условиях, при проведении промежуточной аттестации.

#### 4. Содержание дисциплины (модуля).

##### 4.1. Занятия лекционного типа.

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
1	<p>Введение. Основные направления развития архитектуры отечественных средств вычислительной техники и информационных технологий</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные принципы построения архитектуры современных вычислительных комплексов и высокопроизводительных систем;</li> <li>- обзор способов создания многопроцессорных, многомашинных вычислительных комплексов и систем (с использованием многопроцессных и многопоточных программ с использованием прикладных программных интерфейсов (OpenMP, MPI, PVM, Pthreads, libC) для организации параллельных и распределенных высокопроизводительных вычислений в ОС Debian);</li> <li>- связь с другими дисциплинами.</li> </ul>
2	<p>Компьютерная архитектура и классы компьютеров. Параллельные алгоритмы</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- фундаментальные концепции в параллельных вычислениях.</li> <li>- источник параллелизма в программах;</li> <li>- теория аффинных преобразований;</li> <li>- пространства итераций.</li> </ul>
3	<p>Параллельные алгоритмы. Показатели эффективности параллельных алгоритмов</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- модель вычислений в виде графа «Операции-операнды»;</li> <li>- описание схемы параллельного выполнения алгоритма;</li> <li>- определение времени выполнения параллельного алгоритма;</li> <li>- показатели производительности ЭВМ. Проблемы производительности многопроцессорных систем;</li> <li>- ускорение, получаемое при использовании параллельного алгоритма;</li> <li>- закон Амдала;</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	- эффективность использования параллельным алгоритмом процессоров при решении вычислительной задачи.
4	<b>Основы программирования распределенных и параллельных вычислений</b> Рассматриваются вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- сомнения о возможности широкого практического применения параллельных вычислений;</li> <li>- этапы разработки параллельных программ;</li> <li>- способы распараллеливания программ;</li> <li>- программные интерфейсы для создания многопоточных приложений в вычислительных системах с разделяемой (общей) памятью;</li> <li>- программные интерфейсы для создания многопроцессных приложений в вычислительных системах с распределенной памятью.</li> </ul>
5	<b>Архитектура и характеристика вычислительных комплексов серии «Эльбрус».</b> <b>Общие сведения об архитектуре вычислительных комплексов семейства «Эльбрус»</b> Рассматриваются вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- вычислительные комплексы «Эльбрус-804», «Эльбрус-801PC»;</li> <li>- анализ структуры, характеристик, функциональных возможностей вычислительных комплексов и областей их применения.</li> </ul>
6	<b>Вычислительные комплексы «Эльбрус-401PC», «Эльбрус-801PC» и</b> Рассматриваются вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- состав, структура, характеристики, функциональные возможности вычислительных комплексов и областей их применения, а также состав и содержание эксплуатационной документации на вычислительные комплексы «Эльбрус-801PC» и «Эльбрус 804»;</li> <li>- выполняется установка операционной системы на вычислительные комплексы;</li> <li>- состав и функциональные характеристики ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux» (релизы «Ленинград»), выполняется установка операционных систем на вычислительный комплекс «Эльбрус-801PC».</li> </ul>
7	<b>Операционные системы «Эльбрус» и «Astra Linux». Назначение, функции, состав и основные характеристики</b> Рассматриваются вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- архитектура, назначение и основные характеристики операционной системы «Эльбрус»;</li> <li>- состав общего программного обеспечения «Эльбрус»;</li> <li>- терминал и командная строка, учетные записи пользователей, файловая система, права доступа к объектам файлов системы, работа в сети;</li> <li>- операционная система «Astra Linux». Назначение, функции, состав и основные характеристики;</li> <li>- терминал и командная строка, учетные записи пользователей, файловая система, права доступа к объектам файлов системы, работа в сети;</li> <li>- основные требования по обеспечению защиты информации от НСД и механизмы их реализации (дискреционная и мандатная модели разграничения доступа субъектов к объектам).</li> </ul>
8	<b>Системные вызовы ядра операционной системы</b> Рассматриваются вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- API-интерфейсы стандарта POSIX и системные вызовы;</li> <li>- интерфейс системных вызовов ядра операционной системы;</li> <li>- обработчик системного вызова и служебные процедуры;</li> <li>- передача параметров;</li> <li>- интерфейсные процедуры ядра операционной системы.</li> </ul>
9	<b>Операционные системы «Эльбрус» и «Astra Linux». Принципы организации вычислительного процесса в многопроцессорных и многомашинных вычислительных комплексах, и системах</b> Рассматриваются вопросы: <ul style="list-style-type: none"> <li>- операционные системы «Эльбрус» и «Astra Linux». Средства разработки и отладки программ;</li> <li>- назначение, состав и функции системы программирования, средства разработки, отладки,</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>профилирования, обращение к программам, контроль правильности их выполнения;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы организации вычислительного процесса в многопроцессорных и многомашинных вычислительных комплексах, и системах;</li> <li>- технологии и средства организации вычислительного процесса;</li> <li>- назначение, состав и функции системы программирования, средства разработки, отладки, профилирования, обращение к программам, контроль правильности их выполнения, правила написания makefile.</li> </ul>
10	<p>Программно-аппаратные средства и интерфейсы организации высокопроизводительных вычислительных комплексов и систем. Программно-аппаратные средства и интерфейсы организации высокопроизводительных вычислительных комплексов и систем. Программный интерфейс OpenMP автоматического распараллеливания программ на общей памяти.</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- программно-аппаратные средства и интерфейсы организации высокопроизводительных вычислительных комплексов и систем;</li> <li>- программный интерфейс OpenMP автоматического распараллеливания программ на общей памяти;</li> <li>- аппаратно-программные средства обеспечения создания высокопроизводительных вычислительных комплексов;</li> <li>- прикладной программный интерфейс OpenMP автоматического распараллеливания программ на общей памяти в операционной системе семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус, ОС «Astra Linux») и практическое представление программного параллелизма уровня потоков.</li> </ul>
11	<p>Программные средства создания параллельных многопроцессных программ</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- программные средства создания параллельных многопроцессных программ;</li> <li>- прикладные программные интерфейсы libC для создания многопроцессных параллельных программ в операционной системе семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус, ОС «Astra Linux») и практическое представление программного параллелизма уровня процессов.</li> </ul>
12	<p>Программные средства создания параллельных многопоточных программ</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- программные средства создания параллельных многопоточных программ;</li> <li>- прикладные программные интерфейсы Pthreads для создания многопоточных параллельных программ в операционной системе семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус, ОС «Astra Linux») и практическое представление программного параллелизма уровня потоков.</li> </ul>
13	<p>Программные средства создания параллельных многопроцессных программ</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- программные средства создания параллельных многопроцессных программ;</li> <li>- прикладные программные интерфейсы MPICH2 для создания многопроцессных параллельных программ на общей и распределенной памяти в операционной системе семейства Linux (ОС Debian, ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux») и практическое представление программного параллелизма уровня процессов.</li> </ul>
14	<p>Программные средства создания параллельных виртуальных машин</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- программные средства создания параллельных виртуальных машин;</li> <li>- прикладной программный интерфейс PVM (Parallel Virtual Machine, параллельная виртуальная машина) для реализации модели распределенных вычислений в среде операционной системе ОС Debian.</li> </ul>
15	<p>Технологии виртуализации. Контейнеризация на основе LXC-контейнеров</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- установка и настройка LXC-контейнеров, программные решения их на основе в операционной системе Debian.</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
16	<p>Виртуализация на основе KVM (Kernel-based Virtual Machine)</p> <p>Рассматриваемые вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- установка и настройка средств виртуализации на основе KVM (Kernel-based Virtual Machine);</li> <li>- программные решения на основе KVM (Kernel-based Virtual Machine), обеспечивающие виртуализацию в среде ОС Debian и «Astra Linux».</li> </ul>

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Лабораторные работы

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
1	<p>Основы работы в командной оболочке ОС «Эльбрус»/ ОС «Astra Linux»</p> <p>В результате выполнения работы студент получит навыки по разработке сценариев на языке интерпретатора Bourne shell.</p> <p>Программа должна позволять:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Осуществлять вывод информации об архитектуре, количестве процессоров и их характеристиках, объеме оперативной памяти, версии ядра операционной системы, а также версии установленного компилятора для языков программирования C/C++.</li> </ul>
2	<p>Разработка сценария на языке интерпретатора Bourne shell</p> <p>В результате выполнения работы студент получит навыки по разработке сценария на языке интерпретатора Bourne shell, выполняющего настройку IP-адреса и маски подсети для доступных сетевых интерфейсов ВК «Эльбрус-801PC». Значения параметров настройки сетевых интерфейсов должны задаваться через конфигурационный файл. Программа должна иметь функции проверки наличия конфигурационного файла и доступных сетевых интерфейсов. По завершению настройки сетевых интерфейсов, в зависимости от результата работы, программа должна выводить сообщение в виде строки сообщения: «Успех» или «Ошибка».</p>
3	<p>Основы работы с файловыми системами в ОС «Эльбрус»/ ОС «Astra Linux»</p> <p>В результате выполнения работы студент получит навыки разработки сценария на языке интерпретатора Bourne shell, осуществляющего создание файловой системы, её монтирование, манипуляции с файлами и их содержимым.</p>
4	<p>Основы работы в командной оболочке ОС «Эльбрус»/ ОС «Astra Linux»</p> <p>В результате выполнения работы студент получит навыки разработки сценария на языке интерпретатора Bourne shell, осуществляющего мониторинг доступа к объектам файловой системы при помощи интерфейса inotify. Список контролируемых объектов файловой системы должен содержаться в конфигурационном файле и считываться программой мониторинга при запуске. Каждая строка конфигурационного файла должна содержать один файловый объект. Контроль должен возникать при модификации, изменении атрибутов, удалении, перемещении контролируемых файловых объектов.</p>
5	<p>Основы работы с архивными файлами ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux»</p> <p>В результате выполнения работы студент получит навыки разработки сценария на языке интерпретатора Bourne shell, осуществляющего автоматическую распаковку многоуровневых архивных файлов типа «*.tgz», «*.tar», «*.gz», «*.bz2», «*.bz», «*.tbz2», «*.tbz», «*.bzip2», «*.zip», «*.Z», «*.txz».</p>
6	<p>Установка ОС «Astra Linux»</p> <p>В результате выполнения работы студент получит навыки разработки по установке ОС «Astra Linux».</p>
7	<p>Установка ОС «Эльбрус»</p> <p>В результате выполнения работы студент получит навыки разработки по установке ОС «Эльбрус»</p>
8	<p>Системные вызовы ядра операционной системы. Список поддерживаемых системных вызовов в ОС</p> <p>В результате выполнения работы студент получит навыки по получению трассы системных вызовом</p>

№ п/п	Наименование лабораторных работ / краткое содержание
	при выполнении прикладной программы.
9	Системные вызовы ядра операционной системы. Средства тестирования системных вызовов в ОС В результате выполнения работы студент получит навыки по тестированию системных вызовов в ОС.
10	Параллельное программирование на OpenMP В результате выполнения работы студент получит навыки по созданию параллельной многопоточной программы умножения больших матриц на языке C/C++ при помощи технологии автоматического распараллеливания OpenMP в ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux».
11	Параллельное программирование с использованием библиотеки libC (syscall: fork(), clone()) В результате выполнения работы студент получит навыки по обеспечению синхронизации, работе с общей памятью и каналами межпроцессного взаимодействия в ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux».
12	Многопоточные приложения в ОС «Эльбрус», ОС «Astra Linux». Интерфейсная библиотека API-функций Pthreads В результате выполнения работы студент получит навыки по написанию программы на языке C++ с использованием библиотеки pthread, позволяющую запускать в многопоточном режиме процедуру произведения матриц.
13	Организация распределенных вычислений с использованием библиотеки mpich2 в ОС Эльбрус, ОС «Astra Linux» В результате выполнения работы студент получит навыки по написанию программы на языке C/C++ с использованием библиотеки mpich2, реализующую параллельную версию алгоритма сортировки слиянием, оцените полученные результаты.
14	Организация распределенных вычислений с использованием параллельной виртуальной машины PVM в ОС семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус, ОС «Astra Linux») В результате выполнения работы студент получит навыки по написанию программы на языке C/C++ с использованием библиотеки libpvm3, реализующую параллельную версию алгоритма сортировки слиянием, оцените полученные результаты.
15	Создание и работа в LXC-контейнере в ОС Debian В результате выполнения работы студент получит навыки по созданию и работе в LXC-контейнере в ОС Debian
16	Создание программных решений на основе KVM в ОС Astra Linux В результате выполнения работы студент получит навыки по созданию программных решений на основе KVM в ОС Astra Linux

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение основ программирования на языке интерпретатора Bourne shell
2	Изучение основ параллельного программирования на языках C/C++ в среде операционной системы Debian версий 9, 10
3	Подготовка к лабораторным работам
4	Изучение учебной литературы из приведенных источников
5	Подготовка к промежуточной аттестации.

6	Подготовка к текущему контролю.
---	---------------------------------

5. Перечень изданий, которые рекомендуется использовать при освоении дисциплины (модуля).

№ п/п	Библиографическое описание	Место доступа
1	Нейман-заде М., Королёв С. Руководство по эффективному программированию на платформе «Эльбрус» М.: АО МЦСТ – 2020	<a href="http://www.mcst.ru/files/5ed39a/dd0cd8/50506b/000000/elbrus_prog_2020-05-30.pdf">http://www.mcst.ru/files/5ed39a/dd0cd8/50506b/000000/elbrus_prog_2020-05-30.pdf</a> (дата обращения: 10.04.2024)
2	Ким А.К., Перекатов В.И., Ермаков С.Г. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства «Эльбрус». – СПб.: Питер, 2013	<a href="http://www.mcst.ru/doc/book_121130.pdf?ysclid=lut9sgc5u0202478669">http://www.mcst.ru/doc/book_121130.pdf?ysclid=lut9sgc5u0202478669</a> (дата обращения: 10.04.2024)
3	Хеннесси Д.Л., Паттерсон Д.А. Компьютерная архитектура. Количественный подход. Издание 5-е. – М.: ТЕХНОСФЕРА, 2016- 936 с. : ил. - (Мир радиоэлектроники) . - Библиогр.: с. 839-868. - 1500 экз. - ISBN 978-5-94836-413-1	научно-техническая библиотека МИИТ(дата обращения 04.10.2022)полочный шифр004 X 38 Текст : непосредственный.10 экз.
4	Операционные системы Astra Linux. Справочный центр	<a href="https://wiki.astralinux.ru/?ysclid=luta22mptp223657256">https://wiki.astralinux.ru/?ysclid=luta22mptp223657256</a> (дата обращения: 10.04.2024)

6. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем, которые могут использоваться при освоении дисциплины (модуля).

- Разделы «Главное», «Наука и образование», «Публикации» на сайте «МЦСТ «Эльбрус». Российские микропроцессоры и вычислительные комплексы», <http://www.mcst.ru>

- Интернет-университет информационных технологий <http://www.intuit.ru/>

- Тематический форум по информационным технологиям <http://habrahabr.ru/>

7. Перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения, в том числе отечественного производства, необходимого для освоения дисциплины (модуля).

1. Дистрибутив ОС «Эльбрус-Linux» в составе комплекта поставки ВК «Эльбрус-801PC», ВК «Эльбрус-804»

2. Дистрибутив ОС Debian версии 9, 10

8. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций/

Проектор для вывода изображения на экран для студентов, акустическая система, место для преподавателя оснащенное компьютером

2. Учебная аудитория для проведения лабораторных занятий

Проектор для вывода изображения на экран для студентов, акустическая система, место для преподавателя оснащенное компьютером

9. Форма промежуточной аттестации:

Зачет в 1 семестре.

10. Оценочные материалы.

Оценочные материалы, применяемые при проведении промежуточной аттестации, разрабатываются в соответствии с локальным нормативным актом РУТ (МИИТ).

Авторы:

доцент, к.н. кафедры  
«Вычислительные системы, сети и  
информационная безопасность»

Н.А. Шаменков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ  
Председатель учебно-методической  
комиссии

Б.В. Желенков

Н.А. Андриянова