

**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: 21.05.2024

## 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
	профилирования, обращение к программам, контроль правильности их выполнения; - принципы организации вычислительного процесса в многопроцессорных и многомашинных вычислительных комплексах, и системах; - технологии и средства организации вычислительного процесса; - назначение, состав и функции системы программирования, средства разработки, отладки, профилирования, обращение к программам, контроль правильности их выполнения, правила написания makefile.
10	<b>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.</b> Рассматриваемые вопросы: - программно-аппаратные средства и интерфейсы организации высокопроизводительных вычислительных комплексов и систем; - программный интерфейс OpenMP автоматического распараллеливания программ на общей памяти; - программно-аппаратные средства обеспечения создания высокопроизводительных вычислительных комплексов; - 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.
11	<b>Программные средства создания параллельных многопроцессных программ</b> Рассматриваемые вопросы: - программные средства создания параллельных многопроцессных программ; - 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.
12	<b>Программные средства создания параллельных многопоточных программ</b> Рассматриваемые вопросы: - программные средства создания параллельных многопоточных программ; - 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.
13	<b>Программные средства создания параллельных многопроцессных программ</b> Рассматриваемые вопросы: - программные средства создания параллельных многопроцессных программ; - 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.
14	<b>Программные средства создания параллельных виртуальных машин</b> Рассматриваемые вопросы: - программные средства создания параллельных виртуальных машин; - прикладной программный интерфейс PVM (Parallel Virtual Machine, параллельная виртуальная машина) для реализации модели распределенных вычислений в среде операционной системе ОС Debian.
15	<b>Технологии виртуализации. Контейнеризация на основе LXC-контейнеров</b> Рассматриваемые вопросы: - установка и настройка LXC-контейнеров, программные решения их на основе в операционной системе Debian.

№ 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	Хеннеси 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 10.04.2024)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-801РС», 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, лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций.

Проектор для вывода изображения на экран, 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