

**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  
10.04.01 Информационная безопасность,  
утвержденной первым проректором РУТ (МИИТ)  
Тимониным В.С.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Отказоустойчивые компьютерные архитектуры**

Направление подготовки: 10.04.01 Информационная безопасность

Направленность (профиль): Безопасность компьютерных систем и сетей

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: 09.03.2023

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

Целью освоения учебной дисциплины является:

изучение студентами теории и практики основ построения отечественных вычислительных комплексов серии «Эльбрус» и их общего программного обеспечения, архитектуре построения отказоустойчивых высокопроизводительных комплексов и систем.

В процессе освоения данной дисциплины обучаемый формирует и демонстрирует следующие профессиональные профильно-специализированные компетенции:

- способность понимать архитектуру построения современных вычислительных комплексов серии «Эльбрус», особенности взаимодействия компонентов многопроцессорных и многомашинных систем, а также анализировать направления развития архитектуры отечественных средств вычислительной техники и информационных технологий;

- способность применять основные способы разработки программ на языках программирования C/C++ для архитектуры «Эльбрус», использовать опции компилятора, включая режим тегированной защиты, средства отладки, профилирования программ с целью создания эффективных и функционально-безопасных прикладных программ;

- способность применять основные методы управления вычислительным процессом при параллельной обработке данных.

Дисциплина предназначена для получения знаний для решения следующих профессиональных задач (в соответствии с видами деятельности):

- Проектная деятельность:

  - сбор и анализ исходных данных для проектирования;

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

- Научно-исследовательская деятельность:

  - изучение научно-технической информации, отечественного и зарубежного опыта по тематике исследования;

  - математическое моделирование процессов и объектов на базе стандартных пакетов автоматизированного проектирования и исследований;

  - составление отчета по выполненному заданию, участие во внедрении результатов исследований и разработок.

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

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

**ОПК-4** - Способен осуществлять сбор, обработку и анализ научно-технической информации по теме исследования, разрабатывать планы и программы проведения научных исследований и технических разработок;

**ПК-1** - Способность проводить обоснование состава, характеристик и функциональных возможностей систем и средств обеспечения информационной безопасности объектов защиты на основе российских и международных стандартов.

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 программ под архитектуру «Эльбрус», их отладки и профилирования.

**Уметь:**

- анализировать принципы построения и функционирования вычислительного комплекса (системы) серии «Эльбрус» и применять основные методы оптимизации исходного кода программ, разработанных на языках программирования C/C++, использовать опций компилятора, специализированной математической библиотеки (eml), средств отладки, профилирования программ для создания эффективных прикладных программ под архитектуру «Эльбрус»;

**Владеть:**

- навыками установки общего и прикладного программного обеспечения;
- навыками сборки аппаратных комплексов;
- 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 №2
Контактная работа при проведении учебных занятий (всего):	48	48
В том числе:		
Занятия лекционного типа	16	16
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 132 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>Современные компьютерные архитектуры</p> <p>Тема 1. Определение компьютерной архитектуры. Обзор современных компьютерных архитектур. Основные тенденции в развитии технологий</p> <p>Рассматривается определение компьютерной архитектуры, включающей три аспекта проектирования компьютеров: архитектуру системы команд, организацию, т.е. микроархитектуру, и аппаратуру. Проводится обзор современных компьютерных архитектур и основных тенденций в развитии технологий.</p> <p>Рассматривается понятие аппаратно-программная платформа (АПП), объединяющее в себе архитектуру микропроцессора, программу начального старта, операционную систему и компилятор.</p> <p>Тема 2. Основные характеристики компьютерной архитектуры: Производительность, Системная надежность, Стоимость. Анализ факторов, влияющих на эффективности применения компьютерной архитектуры</p> <p>Рассматриваются основные характеристики компьютерной архитектуры: Производительность,</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>Системная надежность, Стоимость. Приводится взаимосвязь производительности и надежности. Рассматриваются такие характеристики программы, как время компиляции программы, размер файла исполняемого кода, время выполнения программы, функциональная безопасность.</p>
2	<p><b>Анализ принципов построения и функционирования микропроцессоров с архитектурами «Эльбрус»</b></p> <p>Тема 3. Микропроцессоры с архитектурой Эльбрус и вычислительные комплексы Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- принципы построения и функционирования микропроцессоров с архитектурой Эльбрус, основных характеристики вычислительных комплексов на их основе, общее программное обеспечение «Эльбрус»;</li> <li>- средства разработки программ;</li> <li>- принципы оптимизации исходного текста программы компилятором, основные источники оптимизации в исходных текстах программ;</li> <li>- Способы получения эффективного исполняемого кода для архитектуры «Эльбрус» с использованием опций компилятора Примеры формата широких команд. Специализированная библиотека математических функций EML</li> </ul> <p>Тема 4. Технология безопасных вычислений Рассматриваются вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные принципы безопасного исполнения программ в системах на базе микропроцессоров с архитектурой «Эльбрус». Архитектурная поддержка типизации данных.</li> <li>2. Модель угроз программ на языке Си.</li> <li>3. Решения некоторых угроз языка Си в защищенном режиме.</li> <li>4. Примеры программ с уязвимостями и результаты их выполнение в обычном и защищенном режимах: <ul style="list-style-type: none"> <li>- обращение к несуществующему элементу массива;</li> <li>- использование указателей после неправильных арифметических операций над ними;</li> <li>- использование неинициализированных значений переменных;</li> <li>- использование зависших указателей после освобождения памяти;</li> <li>- утечки памяти;</li> <li>- использование неправильных типов и/или неверного количества переменных в вызовах функций с переменным числом аргументов.</li> </ul> </li> </ol> <p>Тема 5. Технология двоичной трансляции кода архитектуры x86(-64) Рассматривается технология бинарной трансляции кода архитектуры x86(-64). Основы работы с бинарным транслятором уровня приложений.</p>
3	<p><b>Способы построения эффективных вычислительных комплексов и систем</b></p> <p>Тема 6. Выбор аппаратно-программной платформы для создания компьютерной архитектуры типа SMP, Cluster, NUMA, ccNUMA Рассматриваются функциональные, технические, эксплуатационные характеристики вычислительных комплексов; стек программного обеспечения, назначение, характеристики, способы применения). Рассматриваются способы построения аппаратно-программной платформы (АПП), архитектура узла, топологии связей объединения узлов, модели и средства организации вычислительного процесса, виртуализация, программная экосистема, включая резервирование, мониторинг состояния параметров функционирования.</p> <p>Тема 7. Методы испытаний вычислительных комплексов и систем на соответствие функциональным, техническим, эксплуатационным требованиям и требованиям информационной и функциональной безопасности.</p>
4	<p><b>Технологии создания отказоустойчивых компьютерных архитектур</b></p> <p>Тема 8. Технологии, способы создания и особенности функционирования отказоустойчивых вычислительных систем (Виртуализация KVM, LXC-контейнеры, сервис-ориентированная</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	архитектура, менеджер ресурсов)

## 4.2. Занятия семинарского типа.

### Практические занятия

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
1	Управление динамической памятью вычислительного процесса Обучаемые получают навыки создания программ на языках программирования C/C++ при помощи средств разработки, входящих в состав ОС Debian, и применения отладчика gdb для исследования стека исполняемых процессов программ.
2	Оценка производительности микропроцессора «Эльбрус-4С», «Эльбрус-8С» и вычислительных комплексов «Эльбрус-401РС», «Эльбрус-801РС» «Эльбрус-804» Обучаемые получают навыки по проведению оценки производительности микропроцессоров «Эльбрус».
3	Модель угроз программ на языке С. Защищенный режим Обучаемые получают практические навыки разработки, отладки и запуска сценариев (программ) на языке С, в обычном режиме и защищенном
4	Основы работы с бинарным транслятором уровня приложений операционной системы «Эльбрус». Разработка программы на языке С и анализ ее работы в окружении бинарного транслятора Обучаемые получают практические навыки разработки, отладки и запуска программ на языке Си в режиме бинарной трансляции кодов архитектуры Intel x86 на отечественной архитектуре e2k. Развить у обучающихся желание к повышению уровня профессиональных знаний в области методов и способов эксплуатации алгоритмического обеспечения отечественных вычислительных комплексов «Эльбрус».
5	Анализ времени выполнения программ. Профилирование кода и поиск критических участков исполняемого кода программы Обучаемые получают практические навыки поиска и анализа критических участков исполняемого кода программы с целью их последующей оптимизации, обеспечивающей сокращение времени выполнения программы в целом.
6	Разработка эффективных программ для отечественной архитектуры «Эльбрус», включающих в свой состав большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических операций, а также с использованием высокопроизводительной математической библиотеки EML Обучаемые получают практические навыки разработки эффективных программ для отечественной архитектуры «Эльбрус», а также общие архитектурно независимые рекомендации по написанию эффективных программ, включающих в свой состав большое число циклов, рекурсий и специальных арифметических операций, а также использование высокопроизводительной математической библиотеки EML.
7	Параллельное программирование на OpenMP Обучаемые получают практические навыки по созданию параллельной многопоточной программы умножения больших матриц на языке C/C++ при помощи технологии автоматического распараллеливания OpenMP в ОС семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус).
8	Параллельное программирование с использованием библиотеки libC (syscall: fork(), clone())

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	Обучаемые получают практические навыки по параллельному программированию с использованием библиотеки libC (syscall: fork(), clone()).
9	Многопоточные приложения в ОС Debian Обучаемые получают практические навыки по работе с интерфейсной библиотекой API-функций Pthreads и написанием программы на языке C++ с использованием библиотеки libpthread, позволяющую запускать в многопоточном режиме процедуру произведения матриц.
10	Организация распределенных вычислений с использованием библиотеки mpich2 в ОС семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус) Обучаемые получают практические навыки по написанию программы на языке C/C++ с использованием библиотеки mpich2, реализующей параллельную версию алгоритма сортировки слиянием.
11	Организация распределенных вычислений с использованием параллельной виртуальной машины PVM в ОС семейства Linux (ОС Debian) Обучаемые получают практические навыки использования библиотеки libpvm3, реализующую параллельную версию алгоритма сортировки слиянием.
12	Создание и работа в LXC-контейнере в ОС «Debian» и ОС «Эльбрус» Обучаемые получают практические навыки по работе в LXC-контейнере в ОС «Debian» и ОС «Эльбрус».
13	Создание менеджера ресурсов кластера с использованием программного обеспечения Pacemaker Обучаемые получают практические навыки по созданию менеджера ресурсов кластера с использованием программного обеспечения Pacemaker.

#### 4.3. Самостоятельная работа обучающихся.

№ п/п	Вид самостоятельной работы
1	Изучение основ программирования на языке C/C++
2	Изучение основ отладки программ, разработанных на языках программирования C/C++, с использованием gdb в среде операционной системы Debian версий 9, 10
3	Подготовка к практическим занятиям
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	Руководство по эффективному программированию :на платформе «Эльбрус»/МЦСТ (mcst.ru); «Эльбрус»; «Эльбрус» 1.1 (altlinux.org)(дата обращения: 10.10.2022)

	по эффективному программированию на платформе «Эльбрус» М.: АО МЦСТ – 2020	
2	Мартышкин, А. И. Современные высокопроизводительные вычислительные системы. Конспект лекций для студентов специальности 230100.62 дневной, вечерней и заочной форм обучения : учебное пособие / А. И. Мартышкин. — Пенза : ПензГТУ, 2014. — 204 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система.	URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/62754">https://e.lanbook.com/book/62754</a> (дата обращения: 10.10.2022). — Режим доступа: для авториз. пользователей.
3	Информационные системы и технологии. Теория надежности : учебное пособие для бакалавриата и магистратуры / В. А. Богатырев. — Москва : Издательство Юрайт, 2018. — 318 с. — (Бакалавр и магистр. Модуль). — ISBN 978-5-534-00475-5. —// Образовательная платформа Юрайт [сайт].	URL: <a href="https://urait.ru/bcode/413860">https://urait.ru/bcode/413860</a> (дата обращения: 10.10.2022). Текст : электронный
4	Ким А.К., Перекатов В.И., Ермаков С.Г. Микропроцессоры и вычислительные комплексы семейства «Эльбрус». – СПб.: Питер, 2013	<a href="http://www.mcst.ru/files/511cea/886487/1a8f40/000000/book_elbrus.pdf">www.mcst.ru/files/511cea/886487/1a8f40/000000/book_elbrus.pdf</a> .( дата обращения: 10.10.2022)

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 ВК «Эльбрус-801PC»

В случае проведения занятий с применением электронного обучения и дистанционных образовательных технологий необходимо наличие компьютерной техники, для организации коллективных и индивидуальных форм общения педагогических работников со студентами, посредством используемых средств коммуникации.

Допускается замена оборудования его виртуальными аналогами.

9. Форма промежуточной аттестации:

Экзамен во 2 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.Клычева