

**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: 02.06.2024

## 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;
- навыками 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>Определение компьютерной архитектуры. Обзор современных компьютерных архитектур. Основные тенденции в развитии технологий</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- определение компьютерной архитектуры, включающей три аспекта проектирования компьютеров: архитектуру системы команд, организацию, т.е. микроархитектуру, и аппаратуру;</li> <li>- обзор современных компьютерных архитектур и основных тенденций в развитии технологий;</li> <li>- понятие аппаратно-программная платформа (АПП), объединяющее в себе архитектуру микропроцессора, программу начального старта, операционную систему и компилятор.</li> </ul>
2	<p>Основные характеристики компьютерной архитектуры: Производительность, Системная надежность, Стоимость. Анализ факторов, влияющих на эффективности применения компьютерной архитектуры</p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- основные характеристики компьютерной архитектуры: Производительность, Системная надежность,</li> </ul>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	<p>Стоимость;</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- приводится взаимосвязь производительности и надежности;</li> <li>- характеристики программы, как время компиляции программы, размер файла исполняемого кода, время выполнения программы, функциональная безопасность.</li> </ul>
3	<p><b>Микропроцессоры с архитектурой Эльбрус и вычислительные комплексы</b></p> <p>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>
4	<p><b>Технология безопасных вычислений</b></p> <p>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:</li> </ol> <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>
5	<p><b>Технология двоичной трансляции кода архитектуры x86(-64)</b></p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- технология бинарной трансляции кода архитектуры x86(-64);</li> <li>- основы работы с бинарным транслятором уровня приложений.</li> </ul>
6	<p><b>Выбор аппаратно-программной платформы для создания компьютерной архитектуры типа SMP, Cluster, NUMA, ccNUMA</b></p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- функциональные, технические, эксплуатационные характеристики вычислительных комплексов;</li> <li>- стек программного обеспечения, назначение, характеристики, способы применения).</li> <li>- способы построения аппаратно-программной платформы (АПП), архитектура узла, топологии связей объединения узлов, модели и средства организации вычислительного процесса, виртуализация, программная экосистема, включая резервирование, монитор состояния параметров функционирования.</li> </ul>
7	<p><b>Методы испытаний вычислительных комплексов и систем</b></p> <p>Рассматриваются вопросы:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- методы испытаний вычислительных комплексов и систем на соответствие функциональным, техническим, эксплуатационным требованиям и требованиям информационной и функциональной безопасности.</li> </ul>
8	<p><b>Технологии создания отказоустойчивых компьютерных архитектур</b></p> <p>Рассматриваются вопросы:</p>

№ п/п	Тематика лекционных занятий / краткое содержание
	-технологии, способы создания и особенности функционирования отказоустойчивых вычислительных систем (Виртуализация KVM, LXC-контейнеры, сервис-ориентированная 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 разработки (портирования) программ на языке С для использования в режиме безопасных вычислений Дать обучаемому основные способы разработки (портирования) программ на языке С для исполнения на архитектуре Эльбрус в режиме безопасных вычислений.
5	Основы разработки программного обеспечения клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром на базе платформы «Эльбрус» Дать обучаемому основные способы разработки программного обеспечения клиент-серверной архитектуры с функционально-безопасным ядром на базе платформы «Эльбрус» с использованием режима безопасных вычислений.
6	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».
7	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.
8	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

№ п/п	Тематика практических занятий/краткое содержание
	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.
9	<b>Параллельное программирование на OpenMP</b> 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).
10	<b>Параллельное программирование с использованием библиотеки libC (syscall: fork(), clone())</b> Обучаемые получают практические навыки по параллельному программированию с использованием библиотеки libC (syscall: fork(), clone()).
11	<b>Многопоточные приложения в ОС Debian</b> 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.
12	<b>Организация распределенных вычислений с использованием библиотеки mpich2 в ОС семейства Linux (ОС Debian, ОС Эльбрус)</b> Обучаемые получают практические навыки по написанию программы на языке C/C++ с использованием библиотеки mpich2, реализующей параллельную версию алгоритма сортировки слиянием.
13	<b>Организация распределенных вычислений с использованием параллельной виртуальной машины PVM в ОС семейства Linux (ОС Debian)</b> Обучаемые получают практические навыки использования библиотеки libpvm3, реализующую параллельную версию алгоритма сортировки слиянием.
14	<b>Организация распределенных вычислений с использованием технологии виртуализации на основе KVM в ОС «Debian»</b> Обучаемые получают практические навыки по работе со средствами виртуализации на основе KVM в ОС семейства Linux (ОС «Debian»)
15	<b>Создание и работа в LXC-контейнере в ОС «Debian» и ОС «Эльбрус»</b> Обучаемые получают практические навыки по работе в LXC-контейнере в ОС «Debian» и ОС «Эльбрус».
16	<b>Создание менеджера ресурсов кластера с использованием программного обеспечения Pacemaker</b> 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	М. И. Нейман-заде, С. Д. Королёв «Руководство по эффективному программированию на платформе «Эльбрус» [Электронный ресурс]	<a href="https://елбрус.рус/руководство-по-эффективному-программированию-на-платформе-эльбрус/?ysclid=lv7uk19wys517517030">https://елбрус.рус/руководство-по-эффективному-программированию-на-платформе-эльбрус/?ysclid=lv7uk19wys517517030</a> (обращения: 10.04.2024)
2	Ким А.К., Перекаатов 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)

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, лабораторный занятия, групповых и индивидуальных консультаций

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

2. 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:

Н.А. Шаменков

Согласовано:

Заведующий кафедрой ВССиИБ

Б.В. Желенков

Председатель учебно-методической  
комиссии

Н.А. Андриянова